ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'ingénieur, secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, boulevard Saint-Michel, n° 60, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE CUSSET ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MEMOIRES. — TOME XVIII.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vve DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49

1870

ANNALES

DES MINES.

NOUVEAU PROCÉDÉ DE TRAITEMENT

DES MINERAIS D'OR ET D'ARGENT.

Par feu M. L. E. RIVOT, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des mines (*).

INTRODUCTION.

Le développement incroyable qu'ont pris en si peu de temps les différents comtés de la Californie, a eu pour origine la découverte des alluvions aurifères. La valeur de l'or retiré des alluvions atteint un chiffre presque fabuleux dont les documents officiels ne donnent probablement qu'une évaluation incomplète. Le lavage des alluvions se continue sur une vaste échelle; mais il ne fournit plus, comme dans

(*) Ce mémoire est publié conformément aux volontés exprimées par l'auteur dans le passage suivant d'un écrit laissé à M. Félix Rivot, son frère :

« ..... J'ai préparé un mémoire sur mon procédé de traitement « des minerais d'or et d'argent. Il n'est pas terminé, mais il est « assez avancé pour que Moissenet puisse l'achever pour les *Annales* « *des mines*. Je le prie de me rendre ce service.

« Aux chapitres déjà écrits, il y aurait à ajouter la descrip- « tion des appareils que j'ai fait breveter; il suffirait de dé- « crire le four à rotation et l'appareil d'amalgamation. Cela est

les premières années de la *fièvre de l'or*, la totalité des métaux précieux livrés par la Californie à la circulation. Depuis longtemps déjà, on a entrepris l'exploitation de nombreux filons contenant de l'or et de l'argent sous divers états : les minerais extraits des filons sont traités dans des usines qui produisent, au moment actuel, plus de 350 millions de francs d'or et d'argent. Je n'ai pas à m'occuper du lavage des alluvions décrit déjà par plusieurs ingénieurs : mon procédé ne s'applique pas au travail des alluvions : je ne parlerai que des filons.

On a pu étudier à l'exposition internationale de 1867 la collection à peu près complète des minerais exploités et des échantillons provenant des gisements reconnus, mais qui ne sont pas encore en exploitation régulière. J'ai reçu moi-même, au laboratoire de l'École des mines, depuis plusieurs années, de nombreux échantillons des divers comtés de Californie et j'ai pu me rendre compte de la nature des minéraux contenus. Il ne m'a pas été possible, même en multipliant les essais, de faire une évaluation approximative de la richesse moyenne des minerais exploités. Les rendements obtenus dans les usines ne sauraient fournir eux-mêmes à cet égard que des indications très-incertaines. D'après les renseignements qu'il m'a été possible de me procurer, on doit distinguer les filons aurifères et les filons argentifères.

« assez facile avec les brevets qui sont dans le même portefeuille « que le mémoire et avec les planches qui sont dans un rouleau « à côté. »

Ce travail, interrompu par la mort prématurée de l'auteur, a été écrit dans le milieu de 1868. Diverses circonstances en ont retardé jusqu'à ce jour la publication.

Le manuscrit des chapitres I et II, terminé par M. Rivot, est donné ici intégralement. Le chapitre III a été composé à l'aide des matériaux désignés par l'auteur.

Juin 1870.

L. Moissenet.

I. — FILONS AURIFÈRES.

1° *Filons quartzeux, aurifères.* — Contenant l'or à l'état natif disséminé sous forme de mouches, de filaments, de veinules, etc.... Ces filons contiennent généralement peu de pyrite de fer près des affleurements, mais la proportion des pyrites augmente assez rapidement dans la profondeur. Pour un certain nombre de ces filons dont l'exploitation remonte déjà à quelques années, on est obligé de séparer les pyrites du quartz par préparation mécanique avant d'envoyer les minerais au moulin. Les pyrites ainsi séparées, ont fréquemment une teneur en or assez élevée, mais jusqu'à présent on n'en a pas tiré un parti avantageux. Elles contiennent peut être l'or à l'état métallique; en tout cas, l'or qui s'y trouve contenu ne passe pas à l'état d'amalgame, quand on soumet à l'amalgamation directe les pyrites crues ou les pyrites grillées à l'air.

2° *Filons quartzeux et pyriteux, aurifères.* — Contenant principalement de la pyrite arsenicale dès les affleurements. Ces filons sont généralement assez riches en or: dans quelques échantillons l'or apparaît à l'état métallique en filaments déliés; dans presque tous les morceaux que j'ai examinés, l'or natif n'est pas visible à la loupe: on peut en séparer une partie sous forme de grains doués de l'éclat métallique, en traitant le minerai par l'acide azotique faible. On ne parvient cependant jamais à retirer la totalité de l'or par trituration avec le mercure, soit avant, soit après grillage à l'air. Il est donc présumable que dans les pyrites l'or ne se trouve pas en totalité à l'état natif. Il m'a été impossible de reconnaître quel est l'état de combinaison de l'or dans ces minerais.

Quelques-uns des filons quartzeux et pyriteux contiennent en même temps, par places, des sulfates de baryte ou du

carbonate de chaux. Ces gangues ne se présentent pas en général sur toute la longueur des filons; elles occupent des zones plus ou moins étendues, plus ou moins espacées. On a fait la même observation pour la répartition des pyrites de fer, de la pyrite arsenicale, ainsi que pour la richesse en or du quartz et des pyrites. Des explications très-nettes m'ont été données sur ces faits par des ingénieurs américains, relativement à plusieurs des principaux filons exploités. Ils sont parfaitement d'accord avec les faits que j'ai pu observer en Europe, depuis 24 ans, et je n'hésite pas à formuler une opinion, bien que je n'aie pas encore visité les mines de la Californie. Les grands filons quartzeux ne sont que des croiseurs, qui se sont rouverts au moment du remplissage de filons ou de veines, ayant des directions différentes, et une puissance beaucoup moins grande, puisqu'elles ont échappé jusqu'à présent à l'attention des exploitants. Ces veines ou filons sont les véritables veines ou filons pyriteux et aurifères: les pyrites et l'or ont pénétré, aux croisements, dans les réouvertures des grands filons quartzeux. Ces filons, ou veines métallifères, seront promptement mis en évidence quand les exploitants auront fait des recherches sérieuses pour les retrouver, soit aux affleurements, soit à une profondeur convenable, en prenant comme point de départ de leurs recherches les zônes riches des grands filons quartzeux.

Afin de n'avoir pas à revenir sur le même sujet, je dirai dès maintenant, que des faits analogues à ceux que je viens de signaler, se représentent pour les filons argentifères; les filons puissants, connus sur de grandes étendues en direction, riches en or ou en argent seulement par zônes, doivent leur richesse aux croisements des veines réellement métallifères qui n'ont pas encore été mises en exploration en raison de leur puissance relativement faible.

II. — FILONS ARGENTIFÈRES.

Les filons argentifères sont à gangues de schistes, de quartz, de sulfate de baryte, et plus rarement de carbonate de chaux; ils contiennent l'argent à l'état de sulfure, de sulfo-arséniure, de sulfo-antimoniure, et renferment des composés métalliques très-divers, en proportion variable, la blende, la galène, le sulfure d'antimoine, le cuivre gris, la bournonite, la pyrite de fer, la pyrite arsenicale, etc... Plusieurs de ces filons notamment ceux du comté d'Austin, présentent des veines de 15 à 20 centimètres de puissance, rendant à l'essai de 3 à 12 p. 100 d'argent.

Assez fréquemment, les filons argentifères contiennent de l'or: la richesse en or paraît être plus grande pour ceux des filons qui renferment de la pyrite de fer et de la pyrite arsenicale.

Les filons argentifères d'une grande richesse sont explorés dans bien des localités, mais leur exploitation est généralement peu active, parce que les procédés de traitement connus jusqu'à présent ne permettent de retirer qu'une faible partie des métaux précieux contenus dans les minerais. On exploite principalement les veines les plus riches pour envoyer le minerai en Europe.

Les minerais rouges contenant l'argent à l'état natif, à l'état de chlorure, plus rarement à l'état de bromure, exploités depuis des siècles au Chili, au Pérou, dans le Centre Amérique, au Mexique, ne se rencontrent pas en Californie: ou, du moins, cette classe de minerais n'a fourni jusqu'à présent qu'une bien faible partie de la production de l'argent. Il y a cependant une analogie tellement grande entre les filons de la Californie et ceux des autres parties de l'Amérique, que l'on doit s'attendre à la découverte, en Californie de filons contenant des minerais rouges. Du reste, au Chili, au

Pérou, etc, on a abandonné l'exploitation d'un certain nombre de filons qui, près de la surface, contenaient de grandes richesses en argent natif et en chlorure d'argent, par la seule raison qu'à une certaine profondeur, ces filons ne renfermaient plus que des minerais noirs intraitables au patio. L'exploitation de ces filons sera probablement reprise, dans un avenir assez rapproché, quand la méthode de traitement que je propose maintenant, aura été appliquée dans plusieurs usines de Californie à des minerais de même nature.

Il me paraît utile d'ajouter aux précédentes indications, quelques mots sur les procédés de traitement employés jusqu'ici en Amérique pour les minerais d'or et d'argent extraits des filons.

1° *Procédé du Patio.*—Le procédé d'amalgamation en tas ou *tourtis*, à l'aide du sel et du magistral, est appliqué depuis des siècles aux minerais rouges, qui contiennent l'argent à l'état natif ou à l'état de chlorure, dans les pays d'Amérique où la température est assez élevée. On a traité par la même méthode les minerais noirs les plus simples, qui renferment l'argent à l'état de sulfure et qui ne contiennent qu'une assez faible proportion de sulfures métalliques. Le *Patio* n'a pas donné de bons résultats pour les minerais un peu complexes contenant des combinaisons de l'arsenic et de l'antimoine; il est inapplicable dans les pays froids et dans ceux où les variations de la température sont trop brusques. La perte de mercure dans ce procédé de traitement est toujours appréciable: elle est bien plus sensible quand on opère sur des minerais noirs que lorsqu'on traite des minerais rouges: elle serait très-forte pour les minerais un peu complexes. Le rendement des minerais au patio est nécessairement très-variable avec la nature et la richesse des minerais traités et avec les conditions atmosphériques; il dépend principalement de l'habileté des personnes qui dirigent les opérations. En moyenne, et pour

les minerais rouges, ce procédé de traitement donne 75 p. 100 de l'argent indiqué par les essais. La perte à l'essai dépassant toujours 30 p. 100, on voit que l'amalgamation au patio, rend seulement de 55 à 60 p. 100 de l'argent contenu dans les minerais : on perd presque autant d'argent qu'on en obtient sous forme de lingots.

La perte est encore plus forte pour les minerais noirs principalement pour ceux de ces minerais qui contiennent de l'arsenic et de l'antimoine. Le procédé au patio présente de plus l'inconvénient grave d'exiger beaucoup de temps : puisqu'il faut souvent plus de six semaines pour terminer une opération.

2° *Amalgamation à chaud.* — On a apporté depuis bien des années une modification importante au procédé précédent, et on en a fait l'application à certains minerais chlorurés riches en argent. On effectue l'amalgamation à une température voisine de 100 degrés dans une chaudière à fond de cuivre : l'opération est terminée en quelques heures, mais le rendement est encore notablement inférieur à la teneur indiquée par l'essai. La perte de mercure est assez notable et les frais sont élevés.

3° *Amalgamation directe.* — Dans les divers états du nord de l'Amérique occidentale, l'exploitation des filons quartzeux aurifères fournit journellement un nombre considérable de tonnes de minerais à diverses teneurs. On les traite par pulvérisation et trituration avec du mercure dans des *pans*, en présence de l'eau. Ce mode de traitement est peu coûteux, ce qui permet de l'appliquer à des minerais, qui ne rendent pas plus de 300 fr. d'or par tonne. La perte en mercure est presque nulle, mais le rendement est toujours notablement inférieur à la teneur en or indiquée par les essais, il semblerait cependant que l'or natif, accompagné seulement de quartz, devrait s'amalgamer avec facilité et que, par suite, les pertes devraient être bien moindres dans le traitement en grand que dans les essais. La faiblesse du

rendement peut s'expliquer jusqu'à un certain point par la présence d'une proportion variable de pyrites aurifères, qui ne cèdent au mercure qu'une faible partie de l'or qu'elles contiennent.

L'amalgamation directe, c'est-à-dire la simple trituration avec du mercure, est appliquée également aux pyrites aurifères et aux minerais d'argent, mais les résultats obtenus sont généralement très-mauvais. Des minerais les moins complexes, on retire de 40 à 60 p. 100 des métaux précieux constatés à l'essai. Les minerais tels que la pyrite arsenicale, le cuivre gris, le sulfure d'antimoine, n'abandonnent au mercure qu'une fraction presque insignifiante de l'or et de l'argent contenus.

4° *Amalgamation par le sel.* — Les minerais dont je viens de parler sont désignés sous le nom de minerais rebelles : on en extrait une partie de l'or et de l'argent au moyen d'un procédé de chloruration par voie sèche, dont l'introduction est due à des ingénieurs allemands. Le procédé comprend, comme opérations principales, le grillage des minerais mélangés avec une proportion convenable de sel dans des fours à réverbère et l'amalgamation dans les tonnes en bois de Freyberg.

Le traitement est relativement assez simple ; son installation n'exige qu'une dépense assez faible. Ces deux raisons l'ont fait adopter dans un certain nombre d'usines, bien que le rendement en or ou en argent soit irrégulier. Pour quelques minerais, le rendement s'élève à 75 et même à 80 p. 100 de la teneur indiquée par les essais, tandis que pour d'autres minerais, notamment pour la pyrite arsenicale aurifère, le rendement est bien inférieur.

Voici, en résumé, les résultats obtenus par les procédés actuellement suivis pour le traitement des minerais d'or et d'argent dans l'Amérique du nord.

Les minerais complexes pyrite arsenicale, cuivre gris,

etc., qui sont fréquemment très-riches, ne sont pour ainsi dire pas utilisés.

Les autres minerais, quartz aurifère, pyrites, etc., sont traités principalement par amalgamation directe; dans quelques usines on a adopté la chloruration par voie sèche.

Le rendement moyen de ces derniers minerais ne dépasse pas 65 p. 100 de l'or et de l'argent indiqués par les essais : on ne retire donc pas des minerais traités plus de la moitié des métaux précieux qu'ils contiennent.

En Amérique, on croit généralement que la perte n'est pas aussi forte, parce qu'on rapporte les rendements aux essais, en admettant que ces derniers indiquent les teneurs réelles des minerais. Il n'en est pas ainsi, et je dois présenter à ce sujet quelques observations importantes.

Dans les essais des minerais d'or et d'argent, il y a toujours une perte très-notable : cette perte varie dans les limites fort étendues suivant la nature des minerais, leur richesse, le mode d'essai, l'habileté de l'opérateur, etc.

Il est impossible de l'évaluer exactement, parce qu'aucun procédé d'analyse ne permet de déterminer avec certitude les quantités ordinairement très-faibles d'or et d'argent que contiennent les minerais plus ou moins complexes.

J'ai fait depuis vingt ans de nombreuses expériences pour me rendre compte des pertes d'or et d'argent dans les essais par voie sèche. Les résultats que j'ai obtenus me permettent d'indiquer la limite inférieure des pertes qui sont faites pour différents minerais dans les conditions les plus ordinaires de richesse en or et en argent.

J'ai procédé à mes expériences en mélangeant des quantités déterminées d'or et d'argent, en limaille très-fine, avec des minerais divers, pyrites, pyrite arsenicale, cuivre gris, sulfure d'antimoine, blende, etc., préalablement essayés. J'ai fait varier les quantités ajoutées d'or et d'argent, de manière à obtenir des minerais à des teneurs dif-

férentes, en restant au-dessous de 1 millième pour l'or et 10 millièmes pour l'argent. J'ai appliqué les procédés d'essai les mieux appropriés à la nature des différents minerais, et répété plusieurs fois chaque expérience.

J'ai constaté que les pertes faites dans les essais sont très-variables, qu'elles sont généralement moins fortes pour les teneurs élevées que pour les faibles teneurs; dans aucune de mes expériences, la perte n'a été inférieure à 30 p. 100 de l'or ou de l'argent employé, et bien souvent pour les cuivres gris et pour les pyrites arsenicales, les pertes ont dépassé 50 p. 100.

Dans tout procédé métallurgique adapté à la nature des minerais, et appliqué avec les soins convenables, les causes de perte sont moins grandes que dans les essais de laboratoire; le rendement en or et en argent doit dépasser notablement les teneurs indiquées par les essais.

La différence entre le rendement en grand et les teneurs accusées par les essais, devrait dépasser 30 p. 100, si la méthode métallurgique était réellement parfaite. Les procédés employés jusqu'à présent en Amérique sont bien loin de donner de pareils résultats; en les étudiant avec attention, j'ai pu me rendre compte des causes principales de perte d'or et d'argent; mais en même temps j'ai acquis la conviction que ces causes de pertes ne pourraient être écartées par de simples modifications apportées aux opérations.

Ces premières études m'ont conduit à chercher une méthode entièrement nouvelle pour le traitement des minerais d'or et d'argent, et j'ai repris en 1855 les expériences que M. l'ingénieur des mines Cumenge avait faites précédemment sur l'emploi de la vapeur d'eau. Après bien des années de travaux au laboratoire, j'ai pensé avoir atteint mon but: un de mes amis, M. Gaillardon, s'est chargé de l'application du procédé en Californie et au Mexique. Les premières expériences en grand ont été faites en 1864; mais elles ont été conduites en dehors des prescriptions les plus essentiel-

lés que j'avais tracées et n'ont donné que des résultats déplorables. Un peu plus tard, de nouvelles expériences ont été faites en Californie dans des conditions meilleures, c'est-à-dire que l'on a mieux suivi mes indications. Les résultats ont été fort irréguliers, dans quelques opérations le rendement a été supérieur à la teneur indiquée par l'essai, tandis que dans d'autres il est resté de beaucoup inférieur. Aussi nous fûmes convaincus, M. Gaillardon et moi, que le procédé, convenablement modifié, devait certainement réussir. Éclairé par les expériences en grand, j'ai tracé les plans de nouveaux appareils que M. Gaillardon a fait exécuter à San Francisco, pendant que je poursuivais à Paris mes travaux de laboratoire : ces travaux n'ont été terminés qu'au mois d'avril 1868. Les expériences en grand commencèrent en Californie au mois de mai, et furent couronnées du succès le plus complet (*). Je peux maintenant présenter mon procédé de traitement des minerais d'or et d'argent comme réalisant les conditions essentielles, d'être applicables à tous les minerais, les plus simples comme les plus complexes, et de permettre d'extraire de ces minerais facilement et économiquement, à très-peu près la totalité des métaux précieux contenus. Les considérations que j'ai présentées démontrent l'importance du résultat obtenu. Je n'ose pas espérer que mon procédé soit immédiatement adopté dans la plupart des localités où les conditions géographiques en rendraient l'application possible ; mais il est certain que les exploitants des mines et les propriétaires des usines existantes apprécieront assez promptement l'im-

---

(*) A l'époque où M. Rivot écrivait ces lignes, les renseignements parvenus de Californie permettaient de croire que le nouveau procédé, sortant de la période expérimentale, entrait dans la pratique industrielle. Depuis lors, diverses circonstances, parmi lesquelles il faut sans doute comprendre la mort de l'auteur, survenue à un moment si décisif pour le succès de son œuvre, ont suspendu l'application du procédé en Amérique.

L. M.

mense avantage qu'il leur donne, de retirer des minerais extraits une valeur bien supérieure à celle qu'on obtient par les méthodes actuellement en usage. Les filons de pyrites arsenicales, de cuivre gris, de sulfure d'antimoine, etc., riches en or et en argent, sont maintenant peu exploités, parce qu'on ne retire qu'une faible partie des métaux précieux contenus. Leur exploitation prendra promptement un développement considérable. Je suis donc autorisé à penser que la réussite complète des dernières expériences donnera dans un avenir très-rapproché, un essor remarquable à la production de l'or et de l'argent en Amérique.

En raison de l'importance du résultat obtenu, en raison de la longueur des travaux, de l'argent dépensé pour arriver à ce résultat, les lecteurs me pardonneront de ne pas me borner à la description du procédé et d'insister sur ce que je peux appeler la partie historique de mes expériences de laboratoire et des expériences en grand dirigées par M. Gaillardon.

Mon mémoire est divisé en trois chapitres.

Dans le chapitre I, j'expose rapidement mes expériences de laboratoire et les expériences faites en Californie.

Le chapitre II est consacré à la description détaillée du procédé auquel je me suis arrêté au laboratoire.

Dans le chapitre III, je décris la méthode métallurgique et les appareils tels qu'ils sont appliqués maintenant en Amérique.

CHAPITRE PREMIER.

Le procédé de traitement des minerais d'or et d'argent, tel que je l'ai appliqué au laboratoire, tel qu'il est employé maintenant dans un certain nombre d'usines d'Amérique, paraît être si simple que l'on peut se demander comment il a fallu tant de travaux de laboratoire et d'expériences en grand pour arriver au résultat. Je n'hésite pas cependant à décrire tous les tâtonnements par lesquels j'ai dû passer et les opérations peu rationnelles qui ont été faites en grand. Cet exposé me semble avoir beaucoup d'intérêt, en démontrant une fois de plus que généralement on n'arrive à un procédé industriel simple et économique, qu'après bien des années de persévérance et des dépenses considérables.

§ I. — EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE.

Depuis longtemps plusieurs savants éminents, des ingénieurs français et étrangers, ont étudié l'action de la vapeur d'eau sur les sulfures métalliques, sur les minerais aurifères et argentifères. Ces travaux n'ont pas reçu d'application industrielle. Il serait sans utilité de décrire toutes les expériences qui ont été faites sur l'action de la vapeur d'eau; je dois seulement parler des travaux de M. Regnault, membre de l'Institut, et de M. Cumenge, ingénieur des mines. J'insisterai principalement sur les expériences de M. Cumenge, parce qu'elles ont servi de point de départ à mes travaux.

Expériences de M. Regnault.

M. Regnault a étudié, dans un but exclusivement scientifique, l'action de la vapeur d'eau sur un certain nombre

de sulfures métalliques, chauffés au rouge sombre. Il a démontré que la vapeur d'eau est décomposée, que l'oxygène se porte sur les métaux des sulfures et l'hydrogène sur le soufre. Il y a formation d'hydrogène sulfuré et d'oxydes métalliques. M. Regnault a constaté de plus que l'action de la vapeur d'eau sur les composés plus complexes, tels que les sulfoarséniures, est beaucoup moins nette, et qu'on ne parvient pas à expulser la totalité de l'arsenic, même en faisant agir la vapeur d'eau pendant un temps considérable.

Expériences de M. Cumenge.

Les premières expériences de M. Cumenge ont eu pour but spécial le traitement pour cuivre des minerais qui renferment de l'arsenic et de l'antimoine, notamment des cuivres gris. L'application de la vapeur d'eau au traitement des minerais d'or et d'argent a été proposée par M. Cumenge à la suite de ses premiers travaux sur les minerais de cuivre : des essais en grand ont même été commencés par deux ingénieurs sur les minerais de Pontvieux (sulfure d'antimoine aurifère), et sur des minerais d'argent provenant d'Amérique; mais ces tentatives n'ont eu aucun succès et ont été promptement arrêtées. Je n'ai à m'occuper que des travaux faits par M. Cumenge au laboratoire.

Le résumé de ces travaux a été publié en 1853, dans les *Annales des mines*, après abandon du brevet pris en France, le 20 avril 1852. Il faut distinguer deux questions différentes :

1° Le traitement pour cuivre des minerais contenant de l'arsenic et de l'antimoine;

2° Le traitement pour argent des mêmes minerais, et des sulfures métalliques plus ou moins complexes contenant de l'argent.

1° *Traitement pour cuivre.* — Après avoir étudié l'action de la vapeur d'eau sur les cuivres gris et vérifié que

l'expulsion de l'arsenic et de l'antimoine n'est pas complète, M. Cumenge a reconnu la raison du peu de netteté des réactions. Cette raison est l'absence d'une proportion suffisante de soufre. En ajoutant au cuivre gris une quantité convenable de pyrite de fer, et faisant agir la vapeur sur le mélange intime de ces deux minerais, on obtient le résultat désiré : c'est-à-dire l'expulsion à très-peu près complète de l'arsenic et de l'antimoine. En présence du soufre en excès, la décomposition de la vapeur d'eau au rouge sombre, produit de l'hydrogène sulfuré, des oxydes métalliques fixes, de l'acide arsénieux et de l'oxyde d'antimoine qui sont entraînés par la vapeur d'eau. Ces deux oxydes, en contact avec l'hydrogène sulfuré, donnent des sulfures d'arsenic et d'antimoine. Leur aspect analogue à celui des sulfures qu'on obtient dans les analyses par voie humide, ne peut pas laisser le moindre doute sur le mode de production.

En opérant sur 25 grammes environ de cuivre gris, mélangé avec un poids égal de pyrite, on n'arrive à la fin des réactions qu'après douze ou quinze heures. L'analyse des oxydes fixes dénonce encore un peu d'arsenic et d'antimoine ; mais leur proportion ne dépasse pas 3 p. 100 du poids des oxydes, quand l'opération a été conduite avec les soins convenables.

Les précautions les plus essentielles sont les suivantes :

Faire arriver la vapeur d'eau sans aucune interruption ;

Éviter que l'air puisse pénétrer dans l'appareil ;

Ne pas élever la température au-dessus du rouge sombre;

Ne considérer l'opération comme terminée, que lorsqu'il ne se dégage plus du tout d'hydrogène sulfuré.

La proportion d'arsenic et d'antimoine qui reste avec les oxydes fixes, est encore appréciable ; elle peut cependant être considérée comme très-faible comparativement à celle que contiennent les minerais.

Ce résultat devait être considéré comme favorable : les

expériences de laboratoire ayant lieu dans un tube, et par suite le brassage des matières étant impossible, il était permis d'espérer qu'en grand la durée de l'opération pourrait être beaucoup abrégée. Aussi M. Cumenge pensait-il pouvoir arriver à ne dépenser dans le traitement métallurgique que 2 parties d'eau en vapeur pour 1 partie de minerai. Cette espérance ne s'est pas réalisée, et, d'après les expériences que je citerai plus loin, il a toujours fallu de 300 à 450 parties d'eau vaporisée pour 1 partie de minerais : je ferai la remarque que je désigne ici sous le nom de *minerais*, le mélange de cuivre gris et de pyrite.

Cette forte consommation de vapeur d'eau ne permet pas d'appliquer le procédé au traitement, pour cuivre seul, des minerais tels que le cuivre gris, car les frais seraient beaucoup trop élevés. Ce n'est donc pas en vue de leur utilisation dans la métallurgie du cuivre que je cite ces expériences de M. Cumenge. Je veux seulement mettre bien en évidence l'importance du résultat théorique obtenu.

Le point acquis c'est qu'en mélangeant intimement avec une proportion convenable de pyrites les minerais qui renferment de l'arsenic et de l'antimoine, il devient possible d'expulser à peu près ces deux corps par l'action de la vapeur d'eau.

2° *Traitement pour argent.* — Les cuivres gris étant presque toujours assez riches en argent, l'attention de M. Cumenge a été naturellement appelée sur la possibilité de traiter d'abord pour argent les oxydes métalliques fixes obtenus par l'action de la vapeur d'eau. L'argent n'étant pas facilement oxydable au rouge sombre, devait exister à l'état métallique, disséminé en particules très-fines dans les oxydes. Quelques expériences d'amalgamation, par trituration avec le mercure, ont démontré l'exactitude de cette hypothèse.

Des minerais argentifères, tels que la blende, ont été soumis aux mêmes opérations, grillage par la vapeur d'eau

amalgamation, puis trituration avec du mercure; ils ont cédé au mercure, sinon la totalité, au moins une partie de l'argent contenu.

D'après ces expériences, M. Cumenge a proposé un procédé général de traitement pour argent des minerais sulfurés simples ou des minerais sulfurés complexes, analogues aux cuivres gris. La formule de ce procédé se résume ainsi:

Mélanger intimement les minerais avec une proportion convenable de pyrites de fer;

Soumettre le mélange à l'action de la vapeur d'eau au rouge sombre, en évitant le contact de l'air ou des flammes oxydantes;

Amalgamer directement par trituration avec du mercure.

M. Cumenge a décrit dans son brevet et dans son mémoire inséré dans les *Annales des mines* la disposition d'un four à réverbère adapté au grillage par la vapeur d'eau: il a cité les fours à moufles, à cornues en fonte, etc., comme pouvant se prêter aisément à l'opération du grillage.

Je dois juger les expériences de M. Cumenge relatives au traitement des minerais d'argent, non pas seulement d'après les publications, mais bien encore d'après les résultats obtenus sous mes yeux au laboratoire. Pour les sulfures simples tels que la blende et pour les sulfures complexes, comme le cuivre gris, le rendement en argent a été toujours inférieur à la teneur indiquée par les essais; toujours aussi la durée du grillage à la vapeur d'eau était très-longue.

Les études de laboratoire n'étaient pas d'ailleurs assez concluantes pour qu'il fût prudent de conseiller à des directeurs d'usines de tenter l'application en grand.

Aussi M. Cumenge, empêché par d'autres occupations importantes, de donner suite à ses travaux, a publié ses expériences et abandonné son brevet. Son mémoire n'a pas attiré autant qu'il le méritait l'attention des praticiens: il contient des observations d'une haute importance pour le

traitement des minerais de cuivre argentifère et des indications très-utiles pour la métallurgie de l'argent.

En 1854, au moment où j'ai commencé mes expériences sur l'emploi de la vapeur d'eau, j'ai eu comme point de départ les résultats obtenus par M. Cumenge.

La vapeur d'eau, agissant au rouge sombre sur les sulfures simples, sur les arséniosulfures, sur les antimoniosulfures, etc., mélangés intimement avec une proportion convenable de pyrite de fer, expulse le soufre à l'état d'hydrogène sulfuré, l'antimoine et l'arsenic à l'état d'oxyde d'antimoine ou d'acide arsénieux, fait passer à l'état d'oxydes fixes les métaux fer, cuivre, zinc, etc., et enfin amène l'argent à l'état métallique. Les minerais mélangés de pyrites, traités par la vapeur d'eau au rouge sombre, peuvent être soumis à l'amalgamation directe qui en extrait l'argent : les résidus de l'amalgamation renfermant le cuivre à l'état d'oxyde, ne contiennent qu'une proportion très-faible d'arsenic et d'antimoine.

Expériences de laboratoire.

J'ai commencé par reprendre les expériences de M. Cumenge, et par étudier l'action de la vapeur d'eau sur tous les sulfures métalliques simples, sur les sulfures complexes mélangés ou non avec de la pyrite de fer. J'ai cherché principalement à déterminer, comparativement bien entendu, les résistances que les divers composés métalliques opposent à l'action de la vapeur d'eau.

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Cette première série d'expériences a été faite dans l'appareil que je vais décrire en peu de mots.

La vapeur est produite en chauffant sur un fourneau à gaz un ballon d'environ 4 litres de capacité ; quand l'eau

contenue a été presque entièrement vaporisée, on remplit le ballon avec de l'eau préalablement chauffé à 100°, ce qui permet de n'apporter dans l'expérience qu'une interruption de très-courte durée.

Au sortir du ballon, la vapeur arrive par un tube de verre dans le tube à réaction. C'est un tube en terre réfractaire, enduit d'un lut facilement fusible, appliqué au pinceau. J'obtiens ce lut en délayant de l'argile réfractaire dans une dissolution de borax, concentrée à la température de 100°. Le tube est placé horizontalement dans un four à réverbère, dépourvu de son dôme, et dont la grille est disposée de telle manière qu'on puisse éviter facilement de chauffer le tube au delà du rouge sombre. Le minerai est placé au milieu du tube dans une nacelle en porcelaine; à l'extrémité du tube opposée à celle par laquelle arrive la vapeur d'eau, est adaptée une allonge en verre de grandes dimensions; elle permet de reconnaître la nature des composés volatils qui prennent naissance pendant l'opération.

J'ai employé les tubes de terre réfractaire enduits d'un lut facilement fusible qui les rend promptement imperméables, parce qu'ils résistent très-bien aux variations de température, tandis que les tubes de porcelaine se cassent trop fréquemment, alors même qu'ils sont lutés avec le plus grand soin.

Ce premier ensemble d'expérience a porté sur les sulfures simples naturels et artificiels, puis sur les sulfures complexes mélangés avec des proportions variables de pyrite de fer.

SULFURES SIMPLES NATURELS ET ARTIFICIELS.

Sulfures simples naturels.

J'ai opéré sur 150 grammes de chacun des minerais, pyrite de fer, blende, galène, sulfure d'antimoine, sulfure d'argent; j'ai cherché à conduire toutes les opérations dans les

mêmes conditions pour le degré de finesse des minerais, pour la température et la rapidité du dégagement de la vapeur d'eau, enfin j'ai continué à faire agir la vapeur jusqu'à cessation complète de l'hydrogène sulfuré. En tenant compte du temps nécessaire pour arriver à ce résultat, c'est-à-dire à l'oxydation complète des métaux et à l'expulsion totale du soufre, j'ai obtenu des termes de comparaison pour la résistance, que les divers sulfures opposent à l'action de la vapeur à la température du rouge sombre.

J'ai fait ensuite à l'amalgamation des oxydes obtenus par trituration avec du mercure dans un mortier, d'abord à sec, ensuite avec de l'eau, et j'ai comparé (pour le sulfure d'antimoine), les poids d'argent et d'or obtenus, avec ceux des métaux précieux accusés par les essais des minerais. Ce mode d'amalgamation par trituration dans un mortier est extrêmement pénible : l'opération est tellement longue que je n'ai pas toujours eu la persévérance de la continuer jusqu'à la fin. Les nombres obtenus dans les amalgamations sont par suite un peu incertains : je ne les reproduirai pas, je me borne à l'affirmation suivante :

Toutes les fois que j'ai poursuivi pendant un temps suffisant la trituration avec le mercure, en opérant sur des minerais bien complétement grillés, j'ai obtenu pour l'argent et pour l'or des rendements supérieurs à ceux qu'indiquent les essais. Relativement à la facilité plus ou moins grande de l'action de la vapeur d'eau, mes expériences m'ont fourni des résultats assez intéressauts.

Pyrites. — Les pyrites, lorsqu'elles sont convenablement pulvérisées, sont attaquées par la vapeur d'eau à une très-basse température, vers 200°. Entre cette température et le rouge sombre, on ne remarque pas de différence notable dans la facilité d'action de la vapeur. L'action est d'abord très-rapide et le dégagement de l'hydrogène sulfuré est en rapport direct avec la rapidité avec laquelle la vapeur d'eau passe dans le tube. Le ralentissement devient appréciable

dans l'action de la vapeur, quand il ne reste plus que 8 à 10 p. 100 de sulfure de fer non décomposé; il faut ensuite un temps considérable pour arriver à l'oxydation complète, c'est-à-dire au point où la vapeur d'eau sortant du tube n'exerce plus aucune action sur du papier imprégné d'acétate de plomb. Il est bien évident que l'opération serait plus prompte si l'on pouvait remuer les matières contenues dans la nacelle sans interrompre le courant de vapeur. Dans les conditions de l'expérience, pour 150 grammes de pyrites, il est nécessaire de prolonger l'opération pendant trente-quatre heures, et de faire agir 50 litres d'eau réduite en vapeur, pour arriver à l'oxydation complète. Pour 1 partie de pyrite, il faut 333 parties d'eau réduite en vapeur.

Blende. — La blende se comporte d'une manière un peu différente : l'action de la vapeur commence bien encore vers 200° et se continue sans variation notable, lorsqu'on élève la température jusqu'au rouge sombre. Le dégagement d'hydrogène sulfuré ne prend pas la même rapidité que lorsqu'on opère sur la pyrite ; il se ralentit beaucoup après vingt-cinq heures d'action, mais il se continue presque indéfiniment. On n'arrive pas à l'oxydation absolue de la blende, même après cinquante heures d'action de la vapeur d'eau. On n'obtient l'oxydation bien complète qu'en mélangeant la blende avec 10 p. 100 au moins de pyrite de fer, et dans ce cas il faut maintenir le courant de vapeur pendant trente-six à quarante heures, et vaporiser environ 60 litres d'eau. On doit par conséquent faire agir, pour 1 partie de blende mélangée avec 10 p. 100 de pyrite, 400 parties d'eau réduite en vapeur.

Galène. — La galène se comporte à peu près comme la blende, cependant il faut faire plus d'attention à ne pas dépasser le rouge sombre, et l'on arrive à l'oxydation complète avec une proportion un peu moindre de pyrites. Le temps nécessaire au grillage complet est du reste à peu

près le même ; la consommation d'eau réduite en vapeur est d'environ 380 parties pour 1 partie de galène.

Sulfure d'antimoine. — Pour le sulfure d'antimoine, l'action de la vapeur commence vers 200° et se continue avec assez de rapidité, pourvu qu'on ne chauffe pas au-dessus du rouge sombre. Il se dégage de l'hydrogène sulfuré et de l'oxyde d'antimoine, lequel se transforme en partie en sulfure par l'action de l'hydrogène sulfuré, au contact de la vapeur d'eau : on n'arrive pas à volatiliser la totalité de l'antimoine même en prolongeant beaucoup l'opération. Le sulfure mêlé à 30 p. 100 de pyrite de fer peut se griller bien complétement. Pour 150 grammes d'un pareil mélange de pyrite et de sulfure d'antimoine, l'opération est terminée en trente-six heures, avec une dépense de 55 litres d'eau vaporisée, soit environ 360 parties d'eau pour 1 partie du mélange, ou 600 parties d'eau pour 1 partie de minerai d'antimoine.

Sulfure d'argent. — Je n'ai pu me procurer pour les expériences que le minerai riche des mines de la compagnie de Real-del-Monte (Mexique). Le minerai contient du sulfure d'argent mélangé avec une faible proportion de blende et de pyrite de fer, accompagné d'une gangue quartzeuse. L'échantillon sur lequel j'ai opéré rend 24 p. 100 d'argent à l'essai. J'ai traité 150 grammes de ce minerai par la vapeur, à la température moyenne de 300°. L'action a été très-lente et il n'a pas fallu moins de quarante-six heures pour arriver à la fin des réactions, avec une dépense de 70 litres d'eau vaporisée. En mélangeant le minerai avec la moitié de son poids de pyrite de fer, j'ai observé une réaction un peu moins lente ; il a encore fallu quarante heures et une dépense de 60 litres d'eau vaporisée pour arriver à un grillage bien complet. La dépense d'eau vaporisée est donc de 600 parties pour 1 partie du minerai d'argent.

Chlorure d'argent. — J'ai fait plusieurs expériences sur

le chlorure d'argent naturel de richesses différentes. J'indiquerai seulement les résultats que j'ai obtenus pour un échantillon de chlorure à la teneur de 45 p. 100 d'argent provenant de l'ancienne mine de Guadal-Canal (Espagne).

J'ai opéré dans deux conditions différentes, d'abord sur le minerai seul, ensuite sur le minerai mélangé avec son poids de pyrite. Sur le chlorure d'argent seul, la vapeur d'eau agit lentement et très-incomplétement : il y a perte très-notable d'argent par la volatilisation partielle du chlorure.

La vapeur d'eau agit au contraire très-nettement, et même assez rapidement vers 300°, sur le chlorure intimement mélangé avec la pyrite de fer. Tout l'argent reste à l'état métallique dans la nacelle, avec l'oxyde de fer provenant de l'action de la vapeur sur le fer de la pyrite. Tout le chlore du minerai d'argent est expulsé à l'état d'acide chlorhydrique ; le soufre est volatilisé à l'état d'hydrogène sulfuré, et ce dernier gaz se dégage longtemps après qu'on a cessé de constater la présence de l'acide chlorhydrique dans la vapeur à la sortie du tube.

Le grillage est certainement bien complet quand on fait agir la vapeur jusqu'à cessation du dégagement de l'hydrogène sulfuré. Il faut au moins trente heures pour arriver à ce résultat, en opérant sur 75 grammes de chlorure mélangé avec 75 grammes de pyrites. La consommation d'eau vaporisée est de 400 parties d'eau pour 1 partie de chlorure d'argent.

Minerais très-quartzeux. — En répétant les expériences dont il vient d'être question sur des minerais contenant des proportions variables de gangue quartzeuse, j'ai observé des irrégularités assez fortes dans le rendement en argent à l'amalgamation, et j'ai dû rechercher quelle influence le quartz pouvait avoir sur l'état chimique de l'argent après l'action de la vapeur d'eau. J'ai opéré sur la blende et sur le sulfate d'argent. En traitant la blende, je n'ai pas pu

obtenir de résultat bien net, à cause de la faible teneur en argent. Je ne citerai que mes expériences sur le sulfure d'argent provenant des mines de la compagnie de Real-del-Monte. Le minerai contient 85 p. 100 de gangue quartzeuse et 15 p. 100 de sulfure d'argent et de pyrites; l'action de la vapeur est assez rapide ; l'hydrogène sulfuré cesse de se dégager en quantité appréciable après trente heures : la matière grillée renferme tout l'argent à l'état métallique, lorsqu'on a eu l'attention de ne pas chauffer jusqu'au rouge sombre. Si, au contraire, on chauffe au rouge sombre, et principalement si on élève davantage la température, l'on ne parvient jamais à retirer la totalité de l'argent par amalgamation ; en analysant la matière grillée, on trouve qu'elle renferme une partie de l'argent à l'état de silicate ; il y a donc oxydation partielle de l'argent par l'action de la vapeur d'eau, en présence du quartz, mais seulement dans le cas où l'on chauffe un peu fortement. On évite assez facilement la formation du silicate d'argent en mélangeant préalablement le minerai avec 30 p. 100 au moins de pyrite de fer, mais alors la durée de l'opération est plus longue.

Minerais à gangue calcaire. — Lorsqu'on soumet à l'action de la vapeur d'eau les minerais à gangue calcaire, contenant une forte proportion de gangue, c'est-à-dire de 50 à 60 p. 100, la réaction est très-vive, mais elle ne tarde pas à se ralentir et même à s'arrêter complétement, lorsqu'on chauffe un peu au-dessus du rouge sombre. L'opération marche au contraire assez régulièrement si l'on parvient à maintenir la nacelle au-dessous du rouge sombre. On se rend aisément compte de cette influence de la température en analysant la matière grillée, quand on a dépassé le rouge sombre; la matière contient une proportion assez grande d'hydrate de chaux. L'hydrate est au contraire en faible proportion si l'on est resté au-dessous du rouge sombre. Lorsqu'on a un peu fortement chauffé, l'hydrate de chaux, facilement fusible, couvre la matière et la

préserve de l'action de la vapeur d'eau. La rapidité avec laquelle les réactions ont lieu dans le commencement de l'expérience, provient de ce que la matière est d'abord rendue très-poreuse par suite de la décomposition partielle du carbonate de chaux. C'est un simple effet mécanique; le carbonate de chaux et l'hydrate de chaux ne peuvent en aucune façon faciliter la décomposition de la vapeur d'eau par les sulfures métalliques. L'addition de pyrite de fer ne modifie pas sensiblement l'action qu'exerce la vapeur d'eau sur des minerais à gangue calcaire. J'ai fait ces expériences sur les minerais très-quartzeux et sur les minerais contenant une forte proportion de gangue calcaire, parce que j'ai eu dans les mains un certain nombre de minerais d'argent de cette nature. Les résultats que j'ai obtenus sont assez intéressants pour être cités; je dois dire cependant que les directeurs d'usines trouveront toujours avantage à séparer par cassage et triage la plus grande partie des gangues terreuses; ils n'auront que bien rarement à traiter des minerais dans lesquels ces gangues soient dominantes.

Sulfures simples artificiels.

Les sulfures artificiels, tels qu'on les obtient dans les analyses; sont décomposés par la vapeur d'eau au-dessous du rouge sombre avec bien plus de facilité que les sulfures naturels. J'ai expérimenté principalement sur les sulfures de zinc, d'arsenic, d'antimoine, de plomb et d'étain. J'ai fait également quelques expériences sur le chlorure d'argent récemment précipité; je ne dirai que peu de mots sur les résultats que j'ai obtenus, parce qu'ils offrent de l'intérêt seulement au point de vue des analyses et qu'ils ne se rapportent pas au traitement métallurgique des minerais aurifères ou argentifères.

Sulfure de zinc.—Ce sulfure, séché autant que possible à l'abri du contact de l'air, est attaqué rapidement par la

vapeur d'eau. L'action commence vers 200°, elle est terminée en quatre heures, quand on opère sur 100 grammes de sulfure sec. Il n'y a pas notablement d'oxyde de zinc entraîné par le courant de vapeur d'eau ; la matière fixe, restée dans la nacelle, est de l'oxyde de zinc presque rigoureusement pur. La faible proportion de soufre que l'analyse fait découvrir paraît provenir de l'altération que le sulfure précipité éprouve inévitablement au contact de l'air.

Sulfure de plomb. — Le sulfure de plomb obtenu par voie humide, séché au contact de l'air, n'éprouve pas la même altération que le sulfure de zinc. Il est attaqué rapidement et complétement par la vapeur d'eau, à la température d'environ 250°. Quand on opère sur 100 grammes la décomposition complète exige environ huit heures. On retrouve dans la nacelle la totalité du plomb à l'état d'oxyde parfaitement pur.

Sulfure d'étain. — Le sulfure d'étain, tel qu'on l'obtient dans les analyses, est décomposé rapidement par la vapeur d'eau à 250°. Le soufre est entièrement expulsé à l'état d'hydrogène sulfuré et l'étain passe à l'état d'oxyde qui reste en totalité dans la nacelle. L'état d'oxydation de l'étain est certainement compris entre le protoxyde et le peroxyde. Il doit se rapporter à l'une des deux formules Sn^2O^3, Sn^3O^4 ; mais je n'ai pas fait d'expériences spéciales pour déterminer exactement la composition de cet oxyde. La réaction de la vapeur d'eau est utilisée dans les analyses pour effectuer la séparation de l'étain et de l'antimoine ; mais la composition exacte de l'oxyde d'étain fixe obtenu par l'action de la vapeur d'eau sur les sulfures, n'a pas une véritable importance, car pour doser l'étain, il faut toujours transformer cet oxyde en bioxyde par l'action de l'acide azotique.

Quand on se sert de la vapeur d'eau dans une analyse, on n'a généralement à traiter qu'un poids très-faible de

sulfure d'étain et d'antimoine; les réactions exigent peu de temps, mais lorsqu'on fait l'expérience sur 100 grammes de sulfure d'étain, on est obligé de continuer à faire agir la vapeur pendant douze heures pour expulser entièrement le soufre.

Sulfures d'arsenic et d'antimoine. — Ces sulfures sont obtenus par voie humide, mélangés d'une certaine proportion de soufre libre. Quand on traite ces mélanges par la vapeur d'eau entre 200° et le rouge sombre, le soufre en excès est rapidement volatilisé, les sulfures sont décomposés, avec dégagement d'hydrogène sulfuré et formation d'acide arsénieux et d'oxyde d'antimoine. Ces deux composés sont entraînés en totalité par la vapeur d'eau : ils éprouvent au contact de l'hydrogène sulfuré la transformation partielle en sulfure dont j'ai déjà parlé. Il ne reste rien dans la nacelle, l'action de la vapeur est plus rapide que pour les sulfures précédemment examinés, 100 grammes de sulfure d'arsenic ou de sulfure d'antimoine disparaissent dans un courant rapide de vapeur d'eau en moins de quatre heures.

Chlorure d'argent. — J'ai fait quelques expériences sur le chlorure d'argent précipité, séché et conservé à l'abri de la lumière, en opérant sur le chlorure seul et sur le chlorure mélangé avec des proportions variables de pyrite de fer.

Lorsqu'on fait agir la vapeur d'eau sur le chlorure seul, il y a volatilisation considérable du chlorure, la perte par volatilisation est beaucoup plus forte que lorsque l'on opère sur le chlorure naturel. Il reste dans la nacelle, après plusieurs heures d'action de la vapeur, un mélange d'argent métallique et de chlorure non décomposé.

Le résultat est bien différent lorsque le chlorure est intimement mélangé avec de la pyrite de fer : l'action est vive et rapide : tout l'argent reste dans la nacelle à l'état métallique, mélangé avec l'oxyde de fer. En employant 50

grammes de chlorure d'argent et 50 grammes de pyrite de fer, on doit prolonger pendant six heures l'action de la vapeur d'eau pour arriver à la décomposition totale du chlorure.

SULFURES COMPLEXES.

Mes expériences ont porté sur le cuivre gris, sur la pyrite arsenicale et sur un minerai de Californie contenant à peu près en parties égales du sulfure d'antimoine et de la blende, en mélangeant intimement chacune de ces matières avec des proportions variables de pyrite de fer. J'ai cherché d'abord à déterminer la proportion de pyrites qu'il faut employer pour arriver à l'expulsion à peu près complète de l'arsenic et de l'antimoine, et pour obtenir à l'amalgamation la totalité de l'or et de l'argent contenus dans les minerais. J'ai fait ensuite l'évaluation de la dépense d'eau vaporisée.

Cuivre gris. — J'ai opéré sur du cuivre gris antimonial, assez riche en argent, contenant environ 50 p. 100 de gangue quartzeuse. La proportion de pyrite nécessaire est de 100 de pyrite pour 100 de minerai; avec une proportion moins forte, je n'ai pas obtenu de bons résultats à l'amalgamation : en forçant la quantité de pyrite, l'amalgamation se fait encore très-bien, mais la durée du grillage est plus longue. On voit qu'en tenant compte de la gangue, il ne faut pas moins de 200 de pyrite pour 100 de cuivre gris pur.

La nacelle contenant 75 grammes de cuivre gris intimement mélangé avec 75 grammes de pyrite de fer, le tube étant maintenu entre 250 et 300°, on doit faire agir la vapeur pendant quarante-cinq heures pour arriver à la cessation du dégagement de l'hydrogène sulfuré ; on dépense 70 litres d'eau vaporisée, c'est-à-dire plus de 900 parties d'eau pour 1 partie de cuivre gris.

Pyrite arsenicale. — J'ai obtenu à peu près les mêmes

résultats pour la pyrite arsenicale : il faut la mélanger avec 200 de pyrite de fer pour 100 de pyrite arsenicale pure contenue dans le minerai, et faire agir plus de 900 parties d'eau en vapeur pour 1 partie de minerai arsenical. Si on emploie une proportion moins forte de pyrite, on ne retire pas la totalité de l'or par amalgamation.

Sulfure d'antimoine et blende. — Ce minerai n'exige pas autant de pyrite de fer que le cuivre gris et la pyrite arsenicale : j'ai obtenu de bons résultats à l'amalgamation avec 20 p. 100 de pyrite de fer : cependant les opérations marchent mieux quand on emploie 25 p. 100 de pyrite. En opérant sur 120 grammes de minerai presque exempt de gangue, intimement mélangé avec 30 grammes de pyrite de fer, le grillage par la vapeur d'eau est terminé en quarante heures. La consommation est de 60 litres, soit de 500 parties d'eau vaporisée pour 1 partie de minerai.

Observations.

J'ai cherché à me rendre compte de l'influence qu'exerce sur le rendement à l'amalgamation l'imperfection du grillage par la vapeur d'eau, j'ai obtenu à cet égard des résultats très-variables suivant la nature des minerais : je ne citerai pas les nombres que j'ai constatés, je me contenterai d'indiquer les conclusions auxquelles je suis arrivé.

1° Toutes les fois que le grillage n'est pas poussé jusqu'à la fin des réactions, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'hydrogène sulfuré, le rendement à l'amalgamation est trop faible.

2° La perte qui résulte de l'imperfection du grillage est relativement plus forte pour l'argent que pour l'or. Cela tient bien évidemment à ce que dans les expériences conduites comme je l'ai indiqué précédemment l'argent reste, au moins en grande partie, à l'état de sulfure, jusqu'à la

fin de l'action de la vapeur d'eau ; quant à l'or il ne passe pas à l'état de sulfure aussi facilement que l'argent.

3° Pour les minerais d'or aussi bien que pour les minerais d'argent, la perte de métal précieux à l'amalgamation est notable quand l'action de la vapeur d'eau n'a pas été prolongée tout à fait jusqu'à la fin des réactions : le rendement varie de 70 à 90 p. 100 de la teneur indiquée par les essais, tandis qu'avec des grillages bien conduits, j'ai toujours dépassé la teneur à l'essai.

4° Si, pendant l'action de la vapeur, la température s'élève au-dessus du rouge sombre, l'amalgamation ne donne pas de bons résultats. La perte qui provient d'une température trop élevée, est bien plus grande pour l'argent que pour l'or. Je peux même affirmer que pour les pyrites aurifères, il n'y a pas diminution *trop notable* dans le rendement, pourvu que la matière ne se soit pas agglomérée pendant le grillage, et aussi à la condition que la température n'ait pas été assez élevée pour amener l'or au point d'agglomération. Pour les minerais argentifères, la diminution du rendement s'explique très-aisément : un peu au dessus du rouge sombre, l'argent métallique s'agglomère et ne se dissout plus ensuite que très-lentement dans le mercure.

Résumé.

Par cette première série d'expériences, j'ai démontré que la vapeur d'eau agissant, au-dessous du rouge sombre, sur les minerais d'or et d'argent de toute nature, chlorures, sulfures, sulfures complexes, etc., mélangés intimement avec une proportion convenable de pyrite de fer, amène ou laisse les deux métaux précieux à l'état métallique, état sous lequel ils peuvent être aisément amalgamés par simple trituration avec du mercure. C'est la vérification et, en même temps, l'extension des résultats annoncés par M. Cumenge. J'ai démontré également que le grillage par la vapeur d'eau

exige un temps considérable et une consommation de vapeur telle qu'il est impossible de songer à proposer cette méthode à l'industrie. Il m'a fallu employer même pour des minerais peu complexes, les pyrites de fer et la blende, de 300 à 400 parties d'eau vaporisée pour 1 partie de minerai. La dépense en grand peut être certainement réduite, mais elle serait encore trop forte pour que l'application fût économique, quand bien même on parviendrait à réduire la consommation au tiers de celle constatée dans mes expériences.

Tous ces faits m'ont conduit à conclure que l'action de la vapeur d'eau permettant d'amener l'or et l'argent à l'état métallique, quelle que soit la nature des minerais, cette réaction devait être susceptible d'un emploi très-avantageux dans l'industrie; mais qu'avant de penser à l'application industrielle, il fallait trouver le moyen de réduire considérablement la dépense de vapeur et le temps nécessaire aux réactions.

C'est à la recherche de ces moyens que j'ai consacré les deux séries d'expériences dont il me reste à parler.

SECONDE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

L'emploi de la vapeur surchauffée très-fortement m'a permis de réduire beaucoup la durée du grillage; cette seule modification aidée par une disposition rationnelle des appareils industriels, résout jusqu'à un certain point le problème, et on peut appliquer avec assez d'économie, dans quelques localités, le grillage par la vapeur surchauffée au traitement des cuivres gris argentifères: mais ainsi que je l'exposerai plus loin, le surchauffage de la vapeur n'est pas le seul perfectionnement nécessaire.

L'appareil que j'ai employé pour mes expériences de laboratoire est représenté Pl. I, fig. 1 et 2.

La vapeur est produite dans un générateur en cuivre de

6 litres de capacité, chauffé au gaz. Le niveau de l'eau est indiqué par un tube de verre, disposé verticalement comme les tubes indicateurs des chaudières à vapeur. L'eau peut être introduite rapidement pendant le cours d'une expérience, par un orifice spécial, formé par un bouchon métallique à vis.

Un tuyau de plomb sert à la prise de vapeur, il s'élève verticalement à environ 0m,40 au-dessus du générateur, puis se recourbe pour aboutir à un tube de fer de 0m,02 de diamètre intérieur, disposé horizontalement dans un four à réverbère. Le tube est chauffé au rouge vif pendant les expériences; la vapeur, en le traversant, acquiert une température d'au moins 400°.

Au delà, la vapeur passe dans le tube en terre réfractaire et agit sur les minerais placés dans une nacelle en porcelaine. Le tube est enduit du lut fusible précédemment décrit, son diamètre intérieur est 0m,06; la nacelle peut contenir 250 grammes de minerais ou du mélange des minerais avec la pyrite de fer. La vapeur, les gaz et les produits volatiles traversent une allonge de verre recourbée, engagée sous une cheminée à tirage actif.

Les minerais grillés sont passés à l'amalgamation dans un appareil mieux approprié que le mortier de porcelaine à la réussite de l'opération. Le travail est tout aussi long, mais les résultats sont plus nets et permettent de comparer avec certitude les rendements en or et en argent des divers minerais traités par la vapeur d'eau. Je crois devoir consacrer dans le chapitre II un paragraphe spécial à l'amalgamation, parce que les recherches que j'ai faites à ce sujet m'ont conduit à proposer pour les usines un procédé particulier d'amalgamation pour les minerais traités par la vapeur d'eau.

J'ai expérimenté par la vapeur surchauffée, presque tous les minerais d'or et d'argent sur lesquels j'avais déjà fait agir la vapeur non surchauffée. Je n'ai laissé de côté

que le chlorure d'argent par la raison suivante : sous l'influence de la vapeur d'eau, le chlorure, mélangé avec une proportion convenable de pyrites, est rapidement décomposé : son traitement présente beaucoup moins de difficultés que celui des sulfures simples et complexes, et, d'ailleurs, tous les résultats obtenus pour le traitement des sulfures, sont encore plus facilement réalisables pour le chlorure d'argent.

Il me paraît inutile de décrire ici toutes les expériences que j'ai dû faire : je citerai seulement celles qui suffisent pour caractériser l'influence que le surchauffage de la vapeur exerce sur le traitement des minerais aurifères et argentifères.

Pyrite de fer.— Je traite 250 grammes de pyrite aurifère par la vapeur surchauffée, en maintenant la nacelle à peu près à la température à laquelle la réaction se fait rapidement, entre 250 et 300°. Il ne se dégage plus d'hydrogène sulfuré vingt-quatre heures après le commencement des réactions. La dépense d'eau est de 35 litres, soit de 140 p. d'eau pour 1 p. de pyrite. L'influence du surchauffage de la vapeur est donc de diminuer la dépense de vapeur d'eau dans le rapport de 100 : 42. L'amalgamation de la pyrite grillée se fait avec facilité et donne même un rendement plus élevé que celui que j'avais obtenu en grillant la même pyrite par la vapeur non surchauffée. Je ne peux pas insister sur ce rendement plus élevé, parce que l'appareil d'amalgamation n'a pas été le même dans les deux cas. Je constate seulement que le surchauffage de la vapeur a réduit de plus de moitié le temps de l'opération et la dépense d'eau vaporisée, sans influer sur le rendement à l'amalgamation.

Blende. — J'opère sur un mélange de 200 grammes de blende argentifère et de 50 grammes de pyrite de fer, en chauffant le tube de terre entre 250 et 300°. La réaction est très-vive pendant les premières heures ; le dégagement

d'hydrogène sulfuré cesse d'être perceptible après vingt heures. La dépense d'eau vaporisée est de 30 litres, soit de 150 p. d'eau pour 1 p. de blende ou de 120 p. d'eau pour 1 p. du mélange de blende et de pyrite. L'amalgamation du minerai grillé se fait avec facilité et donne pour l'argent un rendement supérieur de 8 p. 100 à la teneur indiquée par l'essai de la blende : la pyrite employée pour le mélange ne contenait ni or, ni argent. L'influence favorable du surchauffage de la vapeur est encore plus marquée que pour la pyrite de fer aurifère.

Blende et sulfure d'antimoine. — Je traite par la vapeur surchauffée 150 grammes de minerai argentifère contenant la blende et le sulfure d'antimoine à peu près en parties égales, intimement mélangés avec 100 grammes de pyrite de fer. Le tube de terre est maintenu entre 250 et 300°. Les réactions sont très-vives et le dégagement d'hydrogène sulfuré cesse complétement après vingt-quatre heures. La consommation de vapeur est de 35 litres, soit de 233 p. pour 1 p. de minerai, ou de 140 p. pour 1 p. du mélange pyrite et minerai. La matière grillée donne à l'amalgamation un rendement supérieur à la teneur accusée par l'essai.

Pyrite arsenicale. — La pyrite arsenicale aurifère mise en expérience, contient environ moitié de son poids de gangue quartzeuse. Je fais un mélange intime de 165 grammes pyrite arsenicale et 85 grammes de pyrite de fer. Je chauffe le tube comme dans les expériences précédentes, entre 250 et 300°. L'hydrogène sulfuré ne cesse de se dégager qu'au bout de vingt-six heures. La dépense d'eau vaporisée est de 38 litres; soit de 230 p. pour 1 p. de pyrite arsenicale, ou de 152 p. pour 1 p. du mélange de pyrite arsenicale et de pyrite de fer. J'obtiens à l'amalgamation un rendement notablement supérieur à la teneur indiquée par l'essai.

Cuivre gris. — J'opère sur du cuivre gris argentifère séparé autant que possible de sa gangue par triage à la main,

tenant au plus 25 p. 100 de gangue quartzeuse : je mélange 150 grammes de cuivre gris, avec 100 grammes de pyrite. L'expérience est conduite comme les précédentes à une température comprise entre 250 et 300°. Les réactions son terminées au bout de vingt-quatre heures : la dépense en eau vaporisée est de 40 litres, soit de 266 p. d'eau pour 1 p. de cuivre gris, ou de 160 p. d'eau pour 1 p. du mélange de cuivre gris et de pyrite. Le rendement à l'amalgamation est supérieur à la teneur indiquée par l'essai.

Conclusions.

De toutes les expériences que j'ai faites en me servant de la vapeur d'eau surchauffée, j'ai tiré ces conclusions :

1° En comparant les résultats obtenus à ceux que m'avait donnés la première série d'expériences (vapeur non surchauffée), le surchauffage de la vapeur rend le grillage bien plus rapide. Le temps nécessaire au grillage, la dépense de vapeur d'eau sont réduits en moyenne dans le rapport de 5 : 2.

2° La dépense de vapeur est encore très-grande ; cependant il est permis d'espérer que dans les appareils industriels, on pourra réduire de beaucoup la consommation.

3° L'amalgamation des minerais parfaitement grillés par la vapeur surchauffée se fait avec une grande facilité ; les résultats dépassent ceux qu'on obtient avec la vapeur non surchauffée.

4° Les conditions essentielles à un bon grillage sont encore les mêmes : les minerais doivent être mélangés avec des proportions de pyrites variables suivant la nature de ces minerais; l'action de la vapeur doit être continuée jusqu'à cessation complète de dégagement de l'hydrogène sulfuré : la température doit toujours être un peu inférieure au rouge sombre.

5° Le rendement à l'amalgamation des minerais bien

grillés est toujours supérieur à la teneur indiquée par les essais : ce résultat est le même pour les minerais de composition simple et pour les minerais les plus complexes, tels que la pyrite arsenicale, le cuivre gris, le sulfure d'antimoine mélangé de blende ; c'est-à-dire pour les minerais qui sont désignés en Amérique sous le nom de minerais *rebelles*, et desquels on ne retire par amalgamation que des fractions très-faibles de l'or et de l'argent contenus.

D'après ces résultats, j'ai pensé que même avec une forte consommation de vapeur d'eau et une longue durée de grillage, il serait possible de traiter avantageusement en Amérique un certain nombre de minerais rebelles, riches en or et en argent, qui sont considérés jusqu'ici comme inexploitables.

Les expériences en grand faites par M. Gaillardon, en 1864, 65, 66 et 67, dans des conditions presque toujours défavorables, ont démontré la possibilité d'opérer industriellement en réalisant les mêmes résultats que j'obtenais au laboratoire. Mais en grand comme en petit, la durée du grillage est très-longue. Il en résulte dans l'application que les frais de traitement sont très-élevés, et que l'action de la vapeur d'eau même surchauffée ne peut être utilisée que pour un certain nombre de minerais riches. De là j'ai conclu qu'il fallait entreprendre une nouvelle série d'expériences, dans le but d'arriver à diminuer beaucoup la longueur du grillage, et la dépense de vapeur d'eau : c'est seulement à la suite de cette série d'expériences que j'ai véritablement résolu le problème de l'emploi économique de la vapeur dans le traitement des minerais d'or et d'argent.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Le point de départ de cette nouvelle série d'expériences est le suivant :

Mes travaux de laboratoire de 1854 à 1867, les essais

faits en grand en Californie démontrent que la vapeur surchauffée agit complétement, mais avec trop de lenteur sur les minerais d'or et d'argent, traités seuls ou mélangés avec des pyrites. La plupart des minerais exigent l'addition d'une proportion assez forte de pyrite pour un grillage complet, et c'est précisément cette addition obligatoire des pyrites qui augmente la durée de l'opération. De là, cette conclusion qu'il faut éviter l'addition de pyrites et trouver une autre matière minérale qui, mélangée avec les divers minerais simples ou complexes, permette d'abréger beaucoup la durée de l'action de la vapeur d'eau, et de conserver en même temps le résultat important obtenu à l'aide des pyrites, que les minerais grillés contiennent l'or et l'argent en totalité à l'état métallique. J'ai expérimenté, avec un succès complet, l'oxyde de manganèse, l'oxyde de fer et les pyrites de fer bien grillées à l'air. La pyrite de fer grillée au contact de l'air agit seulement par le peroxyde de fer qui a été produit : elle doit être évidemment préférée aux minerais de fer et de manganèse dans toutes les localités où la pyrite est notablement aurifère; par exemple dans les États de l'Amérique. Les minerais de fer ne contiennent pas ordinairement de l'or et de l'argent; il en est de même des minerais de manganèse; on ne peut guère citer comme exception que l'oxyde de manganèse qui constitue le *chapeau* d'un petit nombre de filons argentifères du Mexique. Par conséquent, en mélangeant une proportion notable de ces minerais avec les minerais d'or et d'argent, dans le but de faciliter l'action de la vapeur d'eau, on introduit généralement une matière stérile qui diminue notablement le poids des minerais d'or et d'argent qu'on peut traiter dans une opération.

L'action de l'oxyde de manganèse est du reste la même que celle de l'oxyde de fer; j'ai obtenu des résultats identiques avec les deux oxydes dans les nombreuses expériences que j'ai faites; cette égalité d'action étant bien

constatée je n'ai employé pour mes expériences définitives que la pyrite de fer grillée sous le moufle.

L'appareil employé est le même que dans la seconde série d'expériences : la vapeur d'eau surchauffée agit sur le mélange de minerai et de pyrite grillée, pesant 250 grammes, contenu dans une seule nacelle. L'opération est continuée jusqu'à cessation certaine de toute réaction. Le minerai grillé est ensuite passé à l'amalgamation.

Je dirai une fois pour toutes que dans les expériences bien conduites, le rendement à l'amalgamation a toujours dépassé la teneur indiquée par l'essai et qu'en moyenne, le rendement a été de 110 p. 100 de la teneur à l'essai. Je ne citerai qu'un petit nombre d'expériences en choisissant celles qui font connaître la proportion de pyrite grillée à l'air qu'il convient d'employer pour les divers minerais d'or et d'argent. Je donnerai dans l'exposé des expériences l'explication du rôle que joue l'oxyde de fer dans le traitement par la vapeur d'eau.

Pyrite de fer. — Le minerai est aurifère ; il contient environ 20 p. 100 de gangue quartzeuse et une faible proportion de pyrite arsenicale. Je prends 280 grammes de minerai, je les sépare en deux parties égales ; l'une d'elles est grillée sous le moufle dans un têt en terre réfractaire, à la température du rouge sombre. La seule précaution prise pour le grillage est de remuer très fréquemment avec une tige en fer, afin d'éviter l'agglomération. Je retire la nacelle au bout de cinq heures, quand l'odeur d'acide sulfureux n'est plus perceptible. Le minerai grillé est mélangé avec la pyrite non grillée par longue trituration dans un mortier : le mélange est placé dans la nacelle et soumis au dessous du rouge sombre vers 300°, à l'action de la vapeur surchauffée. Les réactions commencent très-promptement ; il y a d'abord dégagement de soufre, d'acide sulfureux et d'un peu d'acide arsénieux ; quatre heures après le commencement des réactions, on distingue encore la présence

d'un peu d'acide sulfureux dans la vapeur d'eau qui sort du tube, mais ce gaz cesse bientôt d'être perceptible et le grillage est terminé en moins de cinq heures, avec une dépense de 5 litres d'eau vaporisée soit de 18 p. d'eau vaporisée pour 1. p. de pyrite.

En répétant la même expérience dans les mêmes conditions, mais en ne grillant sous le moufle que très-imparfaitement la moitié du minerai, on observe des différences notables dans la nature des produits volatils et dans la durée de l'expérience. Il se dégage d'abord beaucoup de soufre et un peu d'acide arsénieux; la vapeur sortant du tube entraîne ensuite presque exclusivement de l'hydrogène sulfuré. Le grillage n'est terminé qu'après douze et même seize heures, avec une dépense d'eau de 20 à 25 litres.

J'ai fait varier pour le même minerai les proportions du minerai grillé sous le moufle et j'ai pu constater que les résultats restaient très-bons entre des limites assez étendues. Ainsi, le mélange de 60 de pyrite crue avec 40 de pyrite grillée sous le moufle, exige de quatre à cinq heures seulement d'action de la vapeur d'eau; il en est de même pour le mélange de 40 de pyrite crue avec 60 de pyrite grillée sous le moufle. Les résultats de l'amalgamation sont aussi favorables.

C'est seulement quand il y a une trop grande disproportion entre les poids de pyrite crue et de pyrite grillée sous le moufle que les résultats sont différents.

Les différences peuvent être résumées brièvement:

Pyrite grillée sous le moufle en trop faible proportion, ou pyrite mal grillée. — L'action de la vapeur surchauffée est lente; la dépense d'eau vaporisée est très forte. Le rendement à l'amalgamation est bon quand on pousse l'opération jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'hydrogène sulfuré;

Pyrite bien grillée sous le moufle en trop forte proportion. — L'action de la vapeur surchauffée est terminée en moins de quatre heures; le rendement à l'amalgamation

est moins élevé; il est même inférieur à la teneur indiquée par l'essai, toutes les fois que la proportion de la pyrite grillée dépasse 200 p. 100.

Il est facile de se rendre compte des principales réactions : je prends pour exemple le mélange en parties égales du minerai cru et du minerai bien grillé sous le moufle. Le peroxyde de fer en contact intime avec les sulfures de la pyrite crue agit comme oxydant et produit des acides sulfureux et arsénieux et du protoxyde de fer; l'or n'est pas oxydé. La vapeur d'eau amène le protoxyde de fer à l'état d'oxyde magnétique qui agit à son tour comme oxydant. A ces actions entièrement oxydantes se joint l'action de la vapeur surchauffée sur les sulfures qui donnent de l'hydrogène sulfuré, de l'oxyde de fer et de l'acide arsénieux; cette action devient de plus en plus secondaire à mesure que la proportion des sulfures devient plus faible. Il en résulte que le grillage dans l'atmosphère de vapeur surchauffée est produit principalement par l'action oxydante de l'oxyde de fer et par l'action également oxydante de la vapeur sur le protoxyde de fer qui est produit jusqu'à la fin des réactions. Le soufre qui se dégage au commencement de l'expérience provient de la double décomposition de l'hydrogène sulfuré et de l'acide sulfureux. Il ne peut échapper à cette décomposition qu'une faible partie de l'hydrogène sulfuré et cela dans le commencement de l'expérience. Vers la fin il ne peut y avoir que de l'acide sulfureux entraîné par la vapeur.

Dans le cas où le minerai grillé est en faible proportion, ou bien lorsque l'oxydation sous le moufle a été seulement partielle, le mélange que l'on a soumis à l'action de la vapeur d'eau ne contient pas une assez forte proportion d'oxyde de fer pour que l'action de cet oxyde soit dominante. La décomposition des sulfures est faite en grande partie par la vapeur d'eau, ce qui explique très-bien la durée plus longue de l'opération. L'action de la vapeur est pour ainsi

dire abrégée proportionnellement à la quantité d'oxydes de fer qui se trouve en mélange intime avec les sulfures métalliques. Le rendement en or n'est pas diminué quand on fait agir la vapeur jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'hydrogène sulfuré : cela résulte de mes expériences comme fait matériel et on pouvait aisément le prévoir puisque, par l'action seule de la vapeur surchauffée, on arrive à très-peu près au même rendement que par lès actions combinées de l'oxyde de fer et de la vapeur d'eau.

Il est plus difficile d'expliquer pourquoi le rendement à l'amalgamation diminue d'une manière très-notable quand la proportion de pyrite de fer bien grillée dépasse, dans le mélange, une certaine proportion. Le même effet n'est pas produit quand on emploie du minerai de fer (peroxyde de fer) au lieu des pyrites aurifères grillées. Cela démontre déjà que la diminution de rendement doit être attribuée au grillage sous le moufle. Il se forme donc pendant ce grillage des composés de l'or qui ne peuvent être détruits pendant ce traitement par la vapeur d'eau qu'autant que les sulfures entrent dans le mélange en assez forte proportion. Il m'a été impossible de déterminer la nature de ces composés : il est également impossible de reconnaître à quel état chimique l'or entre dans les pyrites aurifères, accompagnées d'un peu de pyrite arsenicale, sur lesquelles j'ai opéré. Mais de mes expériences, confirmées par les observations faites en Californie dans le traitement industriel, il résulte que pour les pyrites peu arsénicales, il est essentiel de ne pas soumettre au grillage préalable à l'air notablement plus de la moitié des minerais. La diminution du rendement est déjà très-sensible quand on grille à l'air les 70 p. 100 des minerais.

Pyrites arsenicales. — J'ai expérimenté sur des minerais contenant environ 40 p. 100 de gangue quartzeuse, composés principalement de pyrite arsenicale, avec une faible proportion de pyrite de fer et assez riches en or. J'ai d'a-

bord cherché à les traiter comme les précédents, en soumettant à l'action de la vapeur surchauffée le mélange intime d'une partie du minerai cru, avec une autre partie préalablement grillée sous le moufle. J'ai fait varier les proportions de ces deux parties sans pouvoir arriver à obtenir pour l'amalgamation un rendement convenable. J'ai toujours obtenu moins d'or que les essais n'en indiquaient. Peut-être sera-t-il possible de mieux réussir dans un traitement en grand. Il est facile de régler à volonté l'arrivée de l'air dans un grand four à réverbère, et de limiter l'action oxydante qui est toujours très-énergique sous le moufle. Je fonde mon opinion sur le fait suivant. Les rendements les moins défavorables que j'ai obtenus, correspondent aux grillages sous le moufle dans lesquels j'ai cherché à limiter l'action oxydante.

Je suis, du reste, parvenu à traiter très-bien ces minerais arsenicaux en les mélangeant en parties égales avec des pyrites peu arsenicales bien grillées sous le moufle.

Le mélange de 125 grammes pyrite arsenicale aurifère avec 125 grammes de pyrite de fer parfaitement grillée, traité par la vapeur surchauffée, se comporte à très-peu près comme je l'ai indiqué pour le premier exemple. La seule différence est qu'il se dégage une proportion bien plus forte d'acide arsénieux. L'opération est terminée en cinq heures. La matière retirée de la nacelle se laisse amalgamer avec facilité : le rendement en or est notablement supérieur à la teneur indiquée par les essais de la pyrite arsenicale et de la pyrite de fer qui a été en totalité grillée sous le moufle.

Les résultats sont bien différents quand on ne mélange pas à la pyrite arsenicale une proportion suffisante de pyrite de fer grillée. Ainsi le mélange de 180 grammes pyrite arsenicale avec 70 grammes de pyrite grillée, traitée par la vapeur surchauffée, exige de quinze à vingt heures d'action de la vapeur, et le rendement à l'amalgamation est inférieur à la teneur indiquée par les essais.

Lorsqu'au contraire le mélange contient une proportion trop grande de pyrite grillée, par exemple, 150 grammes de pyrite grillée pour 100 grammes de pyrite arsenicale, les réactions qui ont lieu dans le traitement par la vapeur surchauffée sont promptement terminées, en moins de quatre heures, mais le rendement à l'amalgamation est encore inférieur à la teneur indiquée par les essais. J'ai répété plusieurs fois ces expériences, et je suis arrivé à la conclusion que pour obtenir un bon rendement à l'amalgamation et, en même temps, la rapidité du traitement par la vapeur (de 18 à 20 parties d'eau vaporisée pour 1 partie du mélange), il faut faire agir la vapeur sur un mélange à très-peu près en parties égales de pyrite arsenicale et de pyrite grillée sous le moufle. Les proportions du minerai cru et du minerai grillé à l'air ne peuvent pas varier dans des limites étendues, comme cela est permis quand on traite des pyrites peu arsenicales.

J'ai répété les mêmes expériences en remplaçant la pyrite grillée par du minerai de fer et par du minerai de manganèse, tous les deux ne renfermant qu'une très-faible proportion de gangue terreuse; j'ai obtenu des résultats analogues. Pour la pyrite arsenicale, contenant environ 40 p. 100 de gangue quartzeuse, il faut mélanger la pyrite à très-peu près avec son poids d'oxyde de fer ou d'oxyde de manganèse, pour obtenir à l'amalgamation un rendement supérieur à la teneur à l'essai. Pour 250 grammes du mélange, l'action de la vapeur surchauffée est terminée en quatre heures; la dépense d'eau vaporisée ne dépasse pas 5 litres; mais cette dépense doit être rapportée à 125 grammes seulement de pyrite arsenicale, puisque les oxydes métalliques ne sont pas aurifères. La dépense d'eau vaporisée est de 30 parties pour 1 partie de pyrite.

Dans toutes mes expériences, j'ai cherché à déterminer approximativement la proportion d'arsenic contenu dans les résidus de l'amalgamation. J'ai obtenu des teneurs assez

variables, mais toutes supérieures à 15 p. 100. Il y a sous ce rapport une énorme différence entre les deux procédés de traitement par la vapeur d'eau. Dans le procédé primitivement proposé par M. Cumenge, modifié comme je l'ai indiqué précédemment, la pyrite arsenicale doit être mélangée avec son poids de pyrite de fer, la dépense de vapeur d'eau est considérable, mais presque tout l'arsenic est expulsé. Dans le procédé de traitement dont je parle maintenant, la pyrite arsenicale étant mélangée avec son poids d'oxyde de manganèse, d'oxyde de fer ou de pyrite presque pure grillée sous le moufle, l'action de la vapeur est très-promptement terminée; on retire à l'amalgamation à très-peu près la totalité de l'or contenu dans les minerais, mais une grande partie de l'arsenic reste dans les résidus de l'amalgamation.

Blende — Je n'ai fait qu'un petit nombre d'expériences sur la blende; ce minerai est généralement peu riche en argent, ce qui rend assez difficile de comparer les résultats obtenus à l'amalgamation. J'ai obtenu de bons résultats en mélangeant la blende avec l'oxyde de fer ou avec des pyrites grillées, dans des proportions assez variables, depuis 1/2 partie jusqu'à 1 partie d'oxyde de fer ou de pyrites grillées pour 1 partie de blende. En opérant sur 250 grammes du mélange, les réactions sont terminées en moins de quatre heures, avec une dépense de 5 litres environ d'eau vaporisée. Le traitement par la vapeur d'eau exige encore moins de temps lorsque la proportion de l'oxyde de fer est plus forte, mais alors le rendement à l'amalgamation diminue. Ce résultat est analogue à celui que j'ai déjà signalé pour les pyrites aurifères; je ne peux en donner aucune explication théorique bien nette; j'ai constaté avec certitude cette diminution dans le rendement: elle ne s'élève un peu que quand l'excès d'oxyde de fer (minerai de fer ou pyrite grillée) est considérable.

Blende et sulfure d'antimoine.—J'ai fait mes expériences

sur le minerai de la mine de *Sheba*, Californie, contenant à peu près parties égales des deux sulfures métalliques, riche en argent, et ne renfermant qu'une très-faible proportion de gangue quartzeuse. J'ai employé, comme oxydant, de la pyrite de fer à très-peu près pure et ne contenant ni or, ni argent, bien grillée sous le moufle. J'ai fait varier dans des limites assez étendues la proportion de la pyrite grillée. Les meilleurs résultats sous le rapport de la rapidité de l'action de la vapeur d'eau et du rendement à l'amalgamation, correspondent aux proportions suivantes : pyrite grillée de 60 à 160, minerai d'argent 100.

Quand j'ai employé moins de 60 p. 100 de pyrite grillée, le grillage a été plus long, le rendement à l'amalgamation moins élevé. Avec une proportion de pyrite supérieure à 160 p. 100 le traitement par la vapeur d'eau est très-rapide, mais le rendement en argent diminue très-notablement. Pour 125 grammes de minerai et 125 grammes de pyrite grillée, il faut environ quatre heures d'action de la vapeur surchauffée, la dépense d'eau vaporisée est de 5 litres, soit de 30 parties d'eau vaporisée pour 1 partie de minerai. Le rendement à l'amalgamation est supérienr d'au moins 10 p. 100 à la teneur indiquée par l'essai. Les résidus de l'amalgamation contiennent beaucoup d'antimoine. Pour le minerai antimonial argentifère, il est facile d'expliquer la fâcheuse influence d'un excès de pyrite grillée : il y a formation d'antimoniate d'argent que le mercure ne décompose pas.

Cuivre gris. — J'ai fait de nombreuses expériences sur le cuivre gris, afin de chercher s'il était possible de traiter ce minerai pour argent et ensuite pour cuivre, en faisant agir la vapeur surchauffée sur le minerai mélangé avec de l'oxyde de manganèse, de l'oxyde de fer ou des pyrites grillées. Je n'ai pas réussi et je ne vois pas au moment actuel, d'autre moyen de résoudre le problème que celui précédemment énoncé : mélanger le cuivre gris avec son poids

de pyrite de fer, faire agir la vapeur surchauffée, amalgamer la matière grillée et traiter pour cuivre les résidus de l'amalgamation qui ne contiennent qu'une faible proportion d'arsenic et d'antimoine. Ce mode de traitement est peu économique, en raison du temps très-long qu'exige le grillage par la vapeur d'eau et, par suite, il n'est applicable que dans des cas tout particuliers. En employant les réactifs oxydants, on abrège beaucoup la durée du grillage par la vapeur, on arrive par l'amalgamation à extraire tout l'argent ; mais les résidus de l'amalgamation contiennent trop d'arsenic et d'antimoine pour qu'on puisse les traiter avantageusement pour cuivre : ce métal doit être considéré comme perdu. Les résultats du traitement pour argent sont analogues à ceux que j'ai obtenus pour le minerai blende et sulfure d'antimoine.

J'ai expérimenté sur le cuivre gris antimonial riche en argent d'Austin (Amérique), contenant environ 50 p. 100 de gangue quartzeuse. Je l'ai mélangé avec des proportions variables de pyrite de fer bien oxydée par grillage sous le moufle, 50, 75, 100, 125, 150, 200 de pyrite grillée pour 100 de cuivre gris. Les meilleurs résultats m'ont été donnés par les mélanges contenant de 75 à 150 de pyrite grillée. Pour 250 grammes des mélanges, l'action de la vapeur surchauffée est terminée en moins de cinq heures la dépense d'eau n'atteint pas 6 litres, et le rendement à l'amalgamation est notablement supérieur à la teneur indiquée par l'essai.

Le mélange contenant 200 de pyrite grillée pour 100 de cuivre gris, donne à l'amalgamation un rendement inférieur à l'essai ; la durée de l'action de la vapeur d'eau est de quatre heures seulement. La perte constatée sur l'argent s'explique aisément par la formation d'arséniate et d'antimoniate d'argent.

Le mélange de 50 de pyrite grillée et de 100 de cuivre gris exige au contraire que l'action de la vapeur d'eau soit

prolongée davantage ; mais le résultat de l'amalgamation est moins défavorable ; le rendement dépasse encore un peu la teneur à l'essai.

D'après ces expériences, la proportion des pyrites grillées qu'il convient d'adopter dépend de la nature de ces pyrites; si elles ne contiennent pas d'or en quantité appréciable, il importe d'en employer le moins possible : la proportion la plus convenable est alors 80 de pyrites grillées pour 100 de cuivre gris : pour 250 grammes du mélange, il faut cinq heures d'action de la vapeur d'eau et une dépense d'eau de 6 litres, soit de 43 d'eau vaporisée pour 1 de cuivre gris.

Dans le cas où les pyrites sont notablement aurifères, on doit calculer les proportions d'après des considérations diverses. Les explications que je vais présenter au sujet du traitement du cuivre gris sont également applicables à l'emploi des pyrites aurifères grillées dans le traitement de la blende, du sulfure d'antimoine et des autres minerais argentifères et aurifères.

Je suppose la pyrite aurifère assez notablement arsenicale : c'est un cas qui se présentera fréquemment dans les États de l'Amérique. On la grille sous le moufle en totalité. Ainsi traitée, soumise à l'action de la vapeur surchauffée, et ensuite à l'amalgamation, elle ne céderait pas au mercure la totalité de l'or contenu. Mélangée dans une proportion convenable avec le cuivre gris, elle cède au mercure après l'action de la vapeur surchauffée la totalité de son or, en même temps que tout l'argent du cuivre gris passe à l'état d'amalgame, mais il n'en est plus ainsi lorsque la proportion du cuivre gris n'est pas suffisante ; on constate alors à l'amalgamation une perte notable d'or et d'argent. On ne doit pas dépasser la proportion de 120 de pyrite grillée pour 100 de cuivre gris (à 50 p. 100 de gangue).

Il y a donc dans le cas de pyrites aurifères, pour les proportions du mélange un maximum aussi bien qu'un mi-

nimum indiqués par l'expérience, et il est essentiel de se tenir entre les limites de 80 à 120 de pyrites grillées pour 100 de cuivre gris.

Si donc on se trouve placé dans des conditions spéciales où il faut traiter notablement plus de pyrites aurifères que de cuivre gris, il importe de ne pas soumettre au grillage la totalité des pyrites, on en grille une portion telle que le mélange de cuivre gris, de la pyrite non grillée et de la pyrite grillée contienne environ 100 de pyrite grillée pour 100 de cuivre gris et de pyrite non grillée. Dans ces conditions j'ai toujours obtenu les meilleurs résultats.

Résumé.

Mes nombreuses expériences sur divers minerais d'or et d'argent, mélangés avec de l'oxyde de manganèse, de l'oxyde de fer, des pyrites grillées, m'ont amené à reconnaître que la dépense d'eau vaporisée est encore assez forte. Cependant elle n'est pas telle qu'on doive considérer l'application du procédé comme peu économique en grand. Je répéterai, d'ailleurs, l'observation que j'ai faite précédemment : dans les usines la vapeur d'eau peut être bien mieux utilisée que dans un tube de terre fixe, comme celui dans lequel j'ai fait mes expériences. Il est permis d'espérer que la consommation de vapeur sera bien moins considérable et réduite au quart ou même au cinquième. Je peux dire, maintenant que le résultat des essais en grand a pleinement confirmé mon appréciation, qu'avec l'appareil que je décrirai dans le chapitre III, la dépense d'eau vaporisée ne dépasse pas 8 parties d'eau pour 1 partie du mélange des minerais.

L'emploi des réactifs oxydants s'applique avec avantage à tous les minerais d'or et d'argent, sauf deux exceptions ; d'une part le chlorure d'argent, de l'autre les cuivres gris, desquels on cherche à retirer le cuivre après avoir extrait l'argent et l'or.

Pour ces deux minerais, la formule de traitement métallurgique est la suivante :

1° Mélange intime du minerai avec une proportion convenable de pyrites. Cette proportion est ordinairement assez faible pour les minerais chlorurés : elle est notable au contraire pour les cuivres gris, et on peut généralement admettre qu'il faut employer parties égales de pyrite et de cuivre gris ;

2° Grillage un peu au-dessous du rouge sombre, par la vapeur d'eau surchauffée ; l'opération est prolongée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dégagement d'hydrogène sulfuré, elle exige un temps considérable et une forte dépense d'eau vaporisée ;

3° Amalgamation directe par trituration avec du mercure sans autre réactif que l'eau ;

4° Opérations complémentaires telles que la séparation du mercure d'avec les boues, la compression du mercure, la distillation du mercure, la fusion des métaux précieux et leur séparation ;

5° Traitement pour cuivre des résidus de l'amalgamation, lorsque bien entendu il s'agit seulement des cuivres gris.

Ce mode de traitement est encore économique pour les minerais de chlorure d'argent qui n'exigent qu'une faible proportion de pyrites. Il est au contraire très-dispendieux pour les cuivres gris et ne peut être appliqué qu'à des minerais très-riches.

Pour tous les autres minerais d'or et d'argent, et pour les cuivres gris, quand on abandonne le cuivre, je propose la formule suivante :

1° *Grillage préalable des pyrites au contact de l'air.* — Le grillage peut à la rigueur être fait en grands tas ou dans des cases, mais il est en général préférable de l'effectuer dans de grands fours à réverbère ; l'oxydation est plus complète, et on obtient pour la composition des pyrites

grillées une régularité à laquelle on ne saurait atteindre par le grillage en grands tas ou dans des cases. Cette première opération est supprimée, lorsqu'on emploie comme agents d'oxydation l'oxyde de fer ou l'oxyde de manganèse. Ces deux agents doivent être préférés dans les usines qui ne peuvent pas se procurer à des prix raisonnables des pyrites aurifères. Je cite l'oxyde de manganèse, en faisant l'observation qu'il est d'ordinaire plus cher que le minerai de fer d'une pureté convenable, et je ne connais maintenant que l'usine de Real-del-Monte, au Mexique, qui aurait intérêt à employer l'oxyde de manganèse. Cet oxyde se trouve en quelque abondance aux affleurements des filons et contient une certaine proportion d'argent.

2° *Mélange intime des minerais d'or et d'argent avec les pyrites grillées à l'air*, ou bien avec *l'oxyde de fer*, ou avec *l'oxyde de manganèse.*— La proportion la plus convenable des réactifs oxydants est variable avec la nature des minerais et la proportion des gangues terreuses. Lorsque les usines peuvent obtenir à bon compte des pyrites peu arsenicales et notablement aurifères, circonstances fort avantageuses à l'application du traitement, on cherche à introduire dans les mélanges à peu près parties égales de pyrites bien grillées à l'air, de minerais d'or ou d'argent, et au besoin des pyrites crues elles-mêmes. C'est seulement dans le cas où les gangues terreuses dominent qu'il est permis d'employer une proportion moindre de pyrites grillées.

3° *Grillage par la vapeur d'eau surchauffée.* — L'opération est faite à une température un peu inférieure au rouge sombre : elle est continuée jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide sulfureux. Il faut en général au laboratoire de quatre à cinq heures pour arriver à la fin des réactions, quand on opère sur 250 grammes de mélange. La dépense d'eau vaporisée ne dépasse pas 6 litres, soit 24 parties d'eau pour 1 partie du mélange.

4° *Amalgamation* directe des minerais traités par la va-

peur d'eau. L'opération est faite sans addition de réactifs, par simple trituration avec du mercure, à sec ou en présence de l'eau.

5° *Opérations complémentaires* de l'amalgamation.

Le rendement dans mes expériences de laboratoire a toujours dépassé la teneur des minerais indiquée par les essais. Comme toutes les opérations sont d'une nature telle que la réussite est plus facile en grand qu'en petit, il est certain qu'on arrivera dans les usines à dépasser d'au moins 10 p. 100 la teneur à l'essai, même pour les minerais considérés jusqu'à présent comme les plus rebelles.

Je donnerai dans le chapitre suivant la description détaillée des appareils que j'ai employés au laboratoire, en prenant pour application le traitement d'un minerai spécial le cuivre gris antimonial, riche en argent, d'Austin.

§ II. — EXPÉRIENCES EN GRAND.

Les essais en grand ont été faits au début en Californie et au Mexique, en appliquant le procédé que j'avais travaillé au laboratoire dans ma seconde série d'expériences, c'est-à-dire en faisant agir la vapeur d'eau surchauffée sur des minerais aurifères pyriteux seuls, et sur des minerais d'argent mélangés avec des proportions variables de pyrites aurifères. Ces derniers seuls ont donné de bons résultats ou du moins des résultats relativement bons. Afin de n'introduire dans mon mémoire aucune question personnelle, je ne parlerai pas des erreurs ou des fautes qui ont été commises, et je ne rapporterai que deux séries d'essais, la première dirigée par des ingénieurs qui n'ont pas suffisamment étudié mes instructions écrites, la seconde par M. Gaillardon et par son ami M. Mathey, qui ont compris mieux que les ingénieurs le principe du traitement par la vapeur d'eau.

PREMIÈRE SÉRIE D'ESSAIS.

On a traité, en Californie, des pyrites aurifères, des pyrites arsenicales riches en or, des minerais d'argent de diverse nature; au Mexique, à l'usine de Real del Monte, on a fait des essais sur des minerais d'argent très-quartzeux contenant du sulfure d'argent, de la blende et de la pyrite de fer. Je dois laisser de côté les essais qui ont été faits à l'usine de Real del Monte, parce que je n'ai pas pu me procurer des renseignements suffisants sur la conduite des opérations. Les résultats ont un moment donné des espérances, mais en somme le rendement des minerais a été déplorable.

En Californie, les expériences ont eu lieu à trois reprises différentes. Les pyrites aurifères étaient traitées seules; pour les pyrites arsenicales et pour les minerais d'argent, on ajoutait parties égales de pyrites. La série des opérations a été la suivante :

1° Mélange des pyrites avec les minerais d'argent, ou avec les pyrites arsenicales;

2° Traitement par la vapeur d'eau dans un grand four à réverbère;

3° Amalgamation dans des tonnes tournantes en bois;

4° Opérations complémentaires de l'amalgamation.

1° *Mélange des minerais avec les pyrites.* — Le mélange a été fait à la pelle, contrairement aux indications que j'avais données. C'était une première cause d'insuccès; à la pelle, il est impossible d'obtenir un mélange intime, surtout avec des minerais réduits seulement à l'état de sable fin. L'intimité du mélange des pyrites avec les minerais est une condition essentielle à la netteté des réactions. On a reculé devant la dépense qu'aurait entraînée la construction des appareils capables de produire un mélange intime et on ne s'est pas rendu compte de la nécessité absolue de ne né-

gliger aucun détail lorsqu'il s'agit d'expérimenter en grand un procédé entièrement nouveau.

2° *Traitement par la vapeur surchauffée.* — L'opération a été faite dans un réverbère chauffé au bois ; aucune disposition n'a été prise pour limiter à volonté l'accès de l'air sous la grille : il en est résulté que les flammes ont été constamment très-oxydantes. Les dimensions principales de la sole étaient 3m.50 et 2m.50. Les charges ont varié de 500 à 1,100 kilogrammes. La vapeur, les flammes et les produits volatils des réactions se rendaient par deux rampants à une cheminée un peu élevée. Le travail était fait par deux portes placées du même côté. La vapeur arrivait par six tuyères disposées obliquement des deux côtés du pont, ou par des tuyères partant d'un tuyau disposé dans l'épaisseur du pont. La vapeur était produite dans un générateur de 3 mètres de long, de dimensions tout à fait insuffisantes : elle était surchauffée dans un appareil indépendant du four à réverbère. Les faibles dimensions du générateur ont été la cause principale de l'insuccès des expériences. J'avais donné comme instruction essentielle, que la vapeur fût produite en quantité suffisante pour former, sur le minerai chargé dans le réverbère, une nappe bien continue à une pression telle que la nappe de vapeur pût s'étendre jusqu'aux rampants. Cette condition n'a pas été réalisée : chacune des tuyères a produit un jet de vapeur appelant sur le minerai les flammes oxydantes. L'oxydation a été produite par l'air, en présence d'une certaine quantité de vapeur d'eau. On aurait certainement obtenu des résultats moins défavorables en supprimant l'arrivée de la vapeur.

Les opérations ont toujours duré très-longtemps : de quarante à soixante heures. Quand le minerai était retiré du four, il y avait encore dégagement d'acide sulfureux au contact de l'air. Il est inutile d'insister sur le mode de travail ; ce que j'ai dit précédemment suffit pour faire comprendre que les actions chimiques ont été entièrement dif-

férentes de celles que j'avais eu l'intention de produire. J'avais recommandé comme condition rigoureuse que le minerai fût soumis seulement à l'action de la vapeur d'eau et que le contact des flammes oxydantes fût entièrement évité. On a réalisé une condition essentielle différente : le grillage dans le four à réverbère a eu lieu dans les conditions les plus propres à la formation des sels d'argent. Les résultats obtenus pour les minerais aurifères ont été moins défavorables que pour les minerais argentifères : cela se conçoit sans peine, puisque l'or ne possède pas au même degré que l'argent la faculté de former des sels stables au rouge sombre. Les combinaisons de l'or ont dû cependant se produire dans une certaine proportion. Aucune des expériences faites sur les minerais aurifères n'a pu atteindre un rendement égal à la teneur indiquée par l'essai. L'or ne se trouvait donc pas en totalité à l'état métallique dans les minerais retirés du four de grillage par la vapeur d'eau.

3° *Amalgamation.* — On a cherché à faire l'amalgamation des minerais grillés dans des tonnes tournantes en bois, en adoptant pour les vitesses de rotation et pour la durée des périodes, les prescriptions de l'ancienne usine de Huelgoet. On introduisait dans chaque tonne environ 250 kilogrammes de minerai grillé, de l'eau en quantité suffisante pour former une pâte fluide, des balles de fer, des galets arrondis destinés à produire la division du mercure et le brassage des matières, et enfin un poids de mercure variant de 30 à 40 p. de mercure pour 1 p. d'or ou d'argent indiqués par les essais dans le minerai grillé.

En sortant les matières des tonnes, on n'a pas pris les précautions adoptées cependant de tout temps dans les ateliers d'amalgamation, pour séparer nettement le mercure des boues. On a perdu, par suite de ce défaut de soins, une proportion notable de mercure et d'amalgames. Ce n'a été là, du reste, qu'une cause secondaire d'insuccès : les causes principales sont celles que j'ai signalées dans la première

et la deuxième opération. Je ne citerai qu'un seul nombre. M. Gaillardon, en faisant tourner lentement les boues dans un débourbeur avec une certaine quantité de mercure neuf, a dissous une proportion d'or s'élevant environ à 10 p. 100 de l'or qui avait déjà été obtenu.

4° *Opérations complémentaires.* — Le mercure séparé des boues a d'abord été comprimé dans des sacs en toile, dans le but de séparer une partie du mercure libre et de diminuer le poids du métal soumis à la distillation. Cette compression dans des sacs a toujours mal réussi : on n'a pas pu se procurer de la toile d'un tissu suffisamment serré et résistant ; le mercure expulsé par la compression a entraîné un peu d'amalgame. C'est là encore une perte secondaire qui n'a eu aucune influence appréciable sur l'insuccès des expériences.

La distillation du mercure a été faite dans une cornue de fonte : les métaux fixes restés dans la cornue ont été fondus et coulés en lingots. Les lingots ont rarement contenu seulement de l'or et de l'argent : ainsi, lorsqu'on a traité des minerais cuivreux, les lingots ont contenu une forte proportion de cuivre. J'explique de la manière suivante la formation de l'amalgame de cuivre.

Dans le traitement des minerais par la vapeur d'eau, presque tout le cuivre passe à l'état de sulfate, arséniate, etc., grâce à l'admission de l'air. Pendant l'amalgamation dans les tonnes, les sels du cuivre sont décomposés par les balles de fer, et le cuivre précipité se combine avec le mercure.

La présence du cuivre dans les lingots d'or et d'argent ne présente aucun inconvénient grave : on paye à très-peu près au même prix l'or et l'argent dans les lingots très-purs et dans les lingots qui renferment une proportion, même assez forte, d'autres métaux, tels que le cuivre, le plomb et le zinc.

Les résultats de cette première série d'essais ont été dé-

favorables sous tous les rapports: — durée très-longue de l'action de la vapeur d'eau; — forte consommation de combustible; — perte notable de mercure; — perte très-grande sur l'or, et principalement sur l'argent. Les causes de l'insuccès sont évidentes : MM. Gaillardon et Mathey les ont reconnues en même temps que moi. La non-réussite est due principalement à :

1° L'imperfection du mélange des minerais avec les pyrites;

2° L'insuffisance de la vapeur et le contact des flammes oxydantes avec les minerais pendant toute la durée de l'action de la vapeur d'eau.

J'ai déjà signalé, comme secondaires, plusieurs causes de perte d'or et d'argent; je dois en indiquer ici encore une autre, l'élévation trop grande de la température pendant le grillage. Dans presque toutes les expériences, on a dépassé le rouge sombre, avec l'espoir d'abréger ainsi l'opération. Non-seulement le résultat désiré n'a pas été obtenu, mais encore on a de beaucoup augmenté la perte d'argent. La température étant élevée presque au point de fusion de l'argent, la fraction de ce métal, qu'on pouvait amener à l'état métallique par l'action de la vapeur, malgré les conditions déplorables au milieu desquelles l'opération était faite, se trouvait, dans la matière retirée du four à réverbère, en grains agglomérés ou même complétement fondus. Sous cet état, l'argent ne se dissout dans le mercure qu'avec une extrême lenteur.

La même cause a pu influer également sur la faiblesse du rendement en or, dans celles des expériences où l'on a chauffé jusqu'au rouge.

SECONDE SÉRIE D'ESSAIS.

Dans les dernières expériences en grand, MM. Gaillardon et Mathey, dirigeant seuls toutes ces opérations, ont cherché

à écarter les causes d'insuccès précédemment reconnues par eux; mais ils n'ont pas pu se procurer un générateur de vapeur d'une grandeur suffisante, et ils ont dû utiliser le four à réverbère primitif, en le modifiant aussi bien que cela leur était possible.

La modification principale apportée au réverbère a été l'installation de plaques de fonte, au niveau du pont, divisant horizontalement le laboratoire du four, de manière à isoler complétement des flammes oxydantes les minerais chargés sur la sole et soumis à l'action de la vapeur surchauffée. Les minerais étaient alors chauffés seulement par la réverbération des plaques de fonte et il était relativement facile de ne pas dépasser le rouge sombre. L'amalgamation a été faite dans l'appareil le plus usité en Californie, dans un *pan*, et des précautions convenables ont été prises pour la séparation plus exacte du mercure d'avec les boues.

On a expérimenté, dans ces conditions nouvelles, des pyrites aurifères et des minerais d'argent mélangés avec des proportions variables de pyrites aurifères.

Pour les pyrites traitées seules, on a obtenu des résultats bien moins défavorables que dans la première série d'expériences : on a retiré des minerais de 80 à 110 p. 100 de l'or indiqué par les essais. L'irrégularité des résultats a pu être facilement expliquée. La vapeur étant en quantité insuffisante et lancée à une trop forte pression, l'air et les flammes oxydantes ont encore pu pénétrer jusqu'au minerai par les joints des plaques. Dans toutes les expériences pour lesquelles le rendement a été inférieur à la teneur de l'essai, on a remarqué des flammes bleues à la surface du minerai pendant toute la durée de l'action de la vapeur d'eau, tandis que ces flammes n'ont pas été aperçues dans les expériences qui ont donné de bons rendements.

La durée des grillages par la vapeur a été toujours très-longue : de cinquante-cinq à soixante-douze heures, pour des charges de 500 à 1,100 kilogrammes. Cette longueur

doit être attribuée, seulement en partie, à l'insuffisance de la quantité de vapeur.

A l'amalgamation, il n'y a pas eu de perte appréciable de mercure, grâce aux précautions prises pour le traitement des boues.

Pour les minerais d'argent, les résultats ont été beaucoup moins nets : les rendements ont toujours été inférieurs aux teneurs accusées par les essais, et presque toujours la différence a été considérable. On a, du reste, observé, comme pour les pyrites aurifères, une très-longue durée du grillage par la vapeur surchauffée, et on est arrivé à amalgamer dans un pan sans perte appréciable de mercure.

Il était facile de prévoir qu'on n'obtiendrait pas de bons résultats dans le traitement des minerais d'argent. La disposition du four et l'insuffisance de la quantité de la vapeur permettant le contact des flammes oxydantes avec le minerai, sinon d'une manière continue, du moins pendant une grande partie de l'opération, il devait se former des sels d'argent indécomposables par amalgamation. Pour les pyrites aurifères traitées seules, les sels correspondants de l'or n'ont pas pu se former dans une proportion aussi forte : de là est résulté le succès relatif dans le traitement des minerais aurifères et l'insuccès dans le traitement des minerais d'argent.

Conclusions.

Ces expériences ont démontré nettement la possibilité d'employer avec avantage la vapeur surchauffée pour extraire l'or et l'argent de tous les minerais. Elles m'ont indiqué les modifications importantes qu'il fallait faire subir aux appareils pour arriver à des résultats certains. Mais elles m'ont prouvé en même temps qu'il fallait craindre dans les opérations en grand, aussi bien que dans les expériences de laboratoire, la lenteur de l'action de la vapeur

surchauffée, agissant sur les pyrites ou sur les minerais mélangés avec des pyrites.

Ainsi que je l'ai précédemment exposé, j'ai résolu le problème en ajoutant aux minerais des agents d'oxydation, oxyde de fer, oxyde de manganèse, pyrites grillées à l'air. Cette modification change complétement le principe du procédé de traitement et permet de retirer à très-peu près tout l'or et tout l'argent des minerais par des opérations rapides et économiques. Dans le cas seulement des minerais cuivreux, contenant de l'arsenic et de l'antimoine, le nouveau procédé offre un inconvénient; les deux corps nuisibles se retrouvent en proportion assez forte dans les résidus de l'amalgamation; le cuivre contenu dans ces résidus peut être considéré comme perdu.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT AU LABORATOIRE.

J'ai décrit dans le chapitre précédent les modifications que j'ai apportées successivement au procédé de traitement des minerais d'argent proposé par M. Cumenge et les raisons qui m'ont fait abandonner le principe essentiel de la méthode de cet ingénieur, l'addition de la pyrite aux minerais contenant de l'arsenic et de l'antimoine. J'ai fait connaître les réactions qui ont lieu lorsque, dans mon nouveau procédé, on traite par la vapeur d'eau surchauffée les minerais d'or et d'argent, intimement mélangés avec un réactif faiblement oxydant tel que l'oxyde de manganèse ou l'oxyde de fer. Il me reste à exposer les détails d'une opération, en prenant pour exemple un minerai déterminé, et principalement à insister sur l'amalgamation qui exige, au laboratoire peut-être plus encore que dans les usines, les soins les plus minutieux.

La série des opérations est celle que j'ai déjà exposée.

1° Mélange du minerai avec la proportion convenable de pyrite de fer préalablement grillée sous le moufle;

2° Traitement par la vapeur d'eau surchauffée;

3° Amalgamation du minerai:

4° Opérations complémentaires de l'amalgamation.

PREMIÈRE OPÉRATION.

Mélange du minerai avec la pyrite grillée.

Le minerai à traiter est du cuivre gris antimonial riche en argent, à la teneur de 6 p. 100 à l'essai, renfermant environ 25 p. 100 de gangue quartzeuse. On mélange inti-

mement, par longue trituration dans un mortier de porcelaine, 150 grammes du minerai pulvérisé avec 105 grammes de pyrite de fer grillée sous le moufle (*). La trituration exige au moins quatre heures. Le mélange pesant 255 grammes, contient, d'après l'essai, 9 grammes d'argent. Il est placé dans une nacelle en porcelaine, dont une des bases a été fortement échancrée à l'aide d'une pince. Les dimensions de la nacelle sont : longueur 20 centimètres, hauteur 4 centimètres, largeur 6c,50. L'échancrure de l'une des bases a pour but de faciliter l'accès de la vapeur.

SECONDE OPÉRATION.

Traitement par la vapeur d'eau.

L'appareil, déjà mentionné, est représenté par les figures 1 et 2, Pl. I.

A est le générateur de vapeur en cuivre rouge, d'environ 6 litres de capacité. Le niveau de l'eau est constaté par le tube indicateur en verre, *a* ; l'orifice *a'* fermé par un bouchon métallique à vis, permet d'introduire rapidement une nouvelle quantité d'eau préalablement chauffée à 100°, lorsque le niveau du liquide est trop abaissé.

B est le tube de fer placé dans un four à réverbère, dans lequel la vapeur est échauffée jusqu'au rouge :

C est le tube en terre réfractaire, enduit de lut fusible, qui contient la nacelle avec le minerai : le tube est placé dans un réverbère de forme cylindrique, dépourvu de dôme : en tenant la porte inférieure presque constamment fermée et le tube entouré de charbons en ignition, on parvient aisément à maintenir la nacelle à une température un peu inférieure au rouge sombre.

(*) 150 grammes de pyrite de fer crue donnent 105 grammes de pyrite grillée, après six heures d'oxydation au rouge sombre sous le moufle.

La jonction des deux tubes est faite par la pièce *m*, en cuivre jaune.

Le tube de fer pénètre à frottement dur dans la partie tubulée de faible diamètre : le tube de terre entre à frottement doux dans la partie évasée : les joints sont garnis avec du kaolin, qui constitue un lut excellent. Le kaolin sert également de lut à la réunion du tube de fer avec le tube *n* par lequel la vapeur arrive du générateur.

D est une allonge en verre, recourbée à son extrémité et placée sous une cheminée à tirage actif. Portée sur un support en bois, elle est seulement appuyée contre l'orifice du tube de terre.

L'appareil étant monté, on allume le gaz sous le générateur ; on emplit les deux fourneaux de charbon noir et on introduit une pelletée de charbons en ignition dans le réverbère B.

Lorsque la vapeur commence à se produire, on met des charbons en ignition dans le réverbère cylindrique, au-dessus du tube C, et on règle le courant de gaz de telle manière que la vapeur se produise à raison d'environ 1 litre par heure. La nacelle contenue dans le tube de terre est promptement élevée à la température de 250° à laquelle les réactions sont vives : il est très-important de ne pas dépasser notablement cette température. On voit se déposer dans l'allonge D, d'abord un peu de soufre, ensuite de l'acide arsénieux et de l'oxyde d'antimoine. La vapeur qui sort de l'allonge a la réaction acide sur le papier tournesol : elle a l'odeur de l'acide sulfureux. On peut suivre approximativement l'activité des réactions d'après la formation du dépôt blanc dans l'allonge, d'après l'odeur de la vapeur et d'après l'action acide qu'elle exerce sur la teinture de tournesol. Quatre heures après le commencement des réactions, on ne distingue plus qu'une odeur extrêmement faible d'acide sulfureux ; on enlève le feu dans le réverbère cylindrique, mais on continue à faire arriver la vapeur jusqu'à

refroidissement à peu près complet du tube de terre. Quand le tube est froid on retire la nacelle, on pulvérise dans le mortier de porcelaine le minerai qui est toujours un peu aggloméré. On recommence ensuite l'opération. Il se dégage encore un peu d'acide sulfureux dans les premiers instants, mais ensuite il est impossible de reconnaître la plus faible odeur d'acide et la plus faible action sur le papier de tournesol. L'opération est terminée. Il faut ainsi moins de cinq heures d'action effective de la vapeur surchauffée pour oxyder les 150 grammes de cuivre gris, en présence des 105 grammes de pyrite de fer bien grillée sous le moufle.

La matière retirée de la nacelle, très-faiblement agglomérée, est d'un noir presque uniforme et presque en totalité attirable au barreau aimanté. Elle contient l'oxyde de fer à l'état d'oxyde magnétique.

TROISIÈME OPÉRATION.

Amalgamation.

L'amalgamation comprend trois opérations distinctes : 1° l'amalgamation proprement dite, pendant laquelle s'effectue la combinaison de l'argent avec le mercure; 2° la réunion de l'amalgame dans le mercure liquide; 3° la séparation du mercure d'avec les boues.

1° *Amalgamation.* — Je fais l'amalgamation dans l'appareil qui est représenté par les *fig.* 3, 4 et 5, Pl. I. Il se compose de deux meules cylindriques, tournant autour d'un axe vertical dans une auge annulaire.

La sole de l'auge est en marbre, son diamètre mesure $0^m,28$, le rebord évasé à l'extérieur est en fer battu; il a $0^m,04$ de hauteur, et son plus grand diamètre est de $0^m,33$. Un segment du rebord métallique (*a*, *fig.* 4) est mobile, et permet de faire sortir les matières quand l'opération arrive à sa fin. Cette partie mobile n'a pas été représentée dans la *fig.* 3. L'auge est solidement fixée à une table en

bois; une échancrure ménagée dans la table au-dessous de l'orifice de sortie *a*, sert à faire tomber toutes les matières dans une capsule, à leur sortie de l'auge. L'axe vertical porte sur un pivot tournant dans une pièce cylindrique en fer, de 0m,08 de diamètre, fixée au centre de l'auge : la hauteur de cette pièce est de 0m,025, et suffit pour que les matières en traitement ne viennent pas atteindre le pivot (*fig.* 3). L'axe est maintenu à la partie supérieure par un châssis en fer, il est mis en mouvement à l'aide d'un engrenage conique, par la manivelle *m* (*fig.* 3). Les deux meules cylindriques sont en marbre. Leur diamètre est de 0m,10, leur largeur de 0m,08. Chaque meule est traversée par un axe en fer. Les axes sont dirigés extérieurement par les deux étriers AA, fixés à l'axe vertical au moyen des deux bras BB. Du côté intérieur, les axes des meules sont également dirigés par deux étriers, ménagés dans le renflement D de l'axe vertical. Les étriers permettent aux meules de s'élever suivant l'épaisseur de la matière en élaboration. Deux couteaux obliques horizontaux, *g.g*, appuient sur les meules, sous un angle de 35°, à peu près à la hauteur des axes de rotation. Ils servent à maintenir bien nette la surface des meules en faisant retomber dans l'auge les matières qui sont entraînées par adhérence dans la rotation.

Pour diviser la matière, pour l'écarter des rebords extérieurs et intérieurs, il ne faut pas moins de quatre couteaux en fer *cc*, *c'c'* et d'un râteau *r*. Les deux couteaux *cc* sont fixés aux étriers AA : ils sont contournés ainsi que l'indique la *fig.* 4. Les deux couteaux *c'c'* sont verticaux, en forme d'arcs de cercle et fixés au renflement D. Le râteau *r* fixé au même renflement, se compose d'une plaque tranchante qui rase la sole de l'auge et de 5 dents verticales triangulaires (*fig.* 5).

On peut aisément amalgamer dans cet appareil de 250 à 300 grammes de minerai grillé. Le travail est conduit de la manière suivante.

On met le minerai grillé sur la sole et on fait tourner les meules pendant une heure environ, afin de bien écraser les grains qui se sont un peu agglomérés pendant le traitement par la vapeur d'eau. On introduit le mercure dans la proportion de 40 parties de mercure pour 1 partie de métal précieux indiqué par l'essai. Pour le minerai que j'ai pris comme exemple, renfermant 9 grammes d'argent, il faut employer 360 grammes de mercure. On fait tourner les meules alternativement dans un sens et dans l'autre, aussi rapidement que cela est possible, en prenant pour limite la rapidité de rotation qui fait projeter une partie de la matière par-dessus les rebords de l'auge; on voit le mercure se diviser peu à peu, et en moins de deux heures de rotation rapide, le mercure est réduit en poudre presque impalpable, intimement mélangée avec le minerai qui lui-même est alors en grains extrêmement fins. Il faut prolonger la rotation, c'est-à-dire la trituration à sec, au moins pendant cinq heures. C'est pendant cette première période de l'opération que l'argent métallique contenu dans le minerai grillé passe à l'état d'amalgame. Aucun appareil ne peut produire aussi complétement que les meules verticales la division extrême du mercure et amener un contact aussi intime et aussi prolongé du mercure avec tous les grains du minerai. Le seul reproche à adresser à l'appareil que j'ai employé est le poids trop faible des meules : la pression exercée sur les matières n'est pas suffisante. Les meules dont j'ai proposé l'adoption pour le traitement industriel, pèsent 1,000 kilogrammes et donnent les meilleurs résultats dans un temps beaucoup plus court.

Après cinq heures *effectives* de rotation (trituration à sec), on ajoute peu à peu de l'eau jusqu'à ce que la matière ait pris la consistance d'une pâte un peu ferme. On fait tourner les meules pendant l'addition d'eau ; mais il faut presque à chaque instant s'arrêter pour diviser avec un couteau de bois les matières qui s'attachent aux meules, aux cou-

teaux de fer et au râteau. C'est pendant cette période de l'opération qu'on est le plus exposé à perdre du mercure par projection en dehors de l'auge. Sous l'influence de la petite quantité d'eau et de la rotation intermittente, le mercure se réunit assez rapidement en globules de toutes dimensions. La pression exercée par les meules sur la matière pâteuse est relativement considérable; bien que le mercure soit en grande partie réuni en globules, cette période est très-utile pour compléter l'amalgamation de l'argent. Il est difficile de lui donner plus d'une heure de durée parce qu'il faut s'astreindre à de trop grandes précautions pour éviter la perte de mercure. On ajoute ensuite de l'eau en quantité suffisante pour amener les matières à la consistance d'une bouillie un peu claire; on fait tourner les meules, alternativement dans les deux sens, aussi vite que cela est compatible avec la condition d'éviter les projections hors de l'auge. Le mercure se divise de nouveau presque immédiatement; mais il n'est pas amené à l'état de poudre impalpable comme dans la période de trituration à sec; il est sous forme de grains très-petits, à surface brillante. Le contact avec le minerai est donc très-multiplié sans être aussi intime que dans les deux premières périodes. On prolonge pendant trois ou quatre heures cette dernière période et vers la fin on ajoute de nouveau de l'eau dans le but de faciliter la réunion du mercure. On procède ensuite à la séparation du mercure d'avec les boues. Avant de décrire cette partie de l'opération, je dois faire observer que la trituration sous des meules légères, à sec et en présence de l'eau, ne suffit pas pour faire passer à l'état d'amalgame la totalité de l'argent contenu dans les minerais grillés; il faut répéter au moins une fois la trituration sous les meules des boues séparées du mercure, en employant encore au moins 200 grammes de mercure neuf.

2° *Réunion de l'amalgame dans le mercure liquide.*—On fait sortir toutes les matières de l'auge par la porte *a*, on

les fait tomber dans une grande capsule, on doit laver avec grand soin toutes les parties de l'appareil, en frottant avec une brosse très-dure, afin de détacher tout le minerai et tous les petits grains d'amalgame qui adhèrent assez fortement aux parties métalliques. On fait ensuite passer les matières dans un flacon en verre cylindrique, d'environ 1 litre de capacité, bouché à l'émeri, on ajoute 100 grammes de mercure et on ferme le flacon. En agitant vivement par saccades, et ensuite en imprimant au flacon un mouvement de rotation autour de son axe, on parvient à réunir le mercure, et à dissoudre dans le mercure liquide les grains d'amalgame divisé qu'on voit d'abord flotter dans les boues liquides. Il faut beaucoup de temps pour arriver à ce résultat; on doit agiter le flacon pendant huit ou dix heures. Après ce temps on ne distingue plus d'amalgame divisé, mais ce n'est pas une preuve bien certaine que la totalité de l'amalgame est en dissolution dans le mercure. Je crois même pouvoir affirmer qu'il reste encore une partie notable de l'amalgame non dissous, et que la nécessité de faire une seconde, quelquefois même une troisième amalgamation, provient tout autant de la dissolution imparfaite dans le mercure de l'amalgame formé que de l'imperfection de l'amalgamation elle-même.

3° *Séparation du mercure d'avec les boues.* — Pour séparer les boues du mercure, on enlève le bouchon du flacon, on imprime à celui-ci un mouvement de rotation autour de son axe, on décante dans une terrine environ la moitié du liquide; on remplit le flacon d'eau, on lui imprime pendant quelques minutes un mouvement de rotation, on fait sortir par décantation environ la moitié du liquide. En continuant ainsi, on parvient à isoler le mercure de la plus grande partie des boues. On achève dans une capsule la purification du mercure. Il est utile de peser le métal, afin de se rendre compte des pertes qui ont été faites pendant l'opération.

Toutes les liqueurs décantées doivent être conservées en

repos pendant un temps assez long pour que les boues se déposent complétement. On décante le liquide clair, on fait sécher les boues et on les soumet une seconde fois à l'amalgamation. J'ai même été obligé, dans plusieurs expériences, de recommencer une troisième fois l'amalgamation. J'ai déjà indiqué les deux raisons principales pour lesquelles cette répétition est nécessaire : 1° Dans l'amalgamation proprement dite, il est impossible d'obtenir, avec des meules aussi faibles, un contact intime et prolongé du mercure avec tous les grains du minerai grillé ; 2° Dans la séparation du mercure d'avec les boues on ne peut pas arriver, en opérant sur une quantité de matière aussi petite, à réunir dans le mercure liquide la totalité de l'amalgame formé. Ces inconvénients ne se présentent pas dans les usines. Les meules ont un poids suffisant et on peut appliquer aux boues des opérations de préparation mécanique qui permettent de dissoudre dans le mercure la totalité de l'amalgame.

QUATRIÈME PARTIE DU TRAITEMENT.

Opérations complémentaires.

J'ai essayé plusieurs procédés pour déterminer l'argent contenu dans le mercure : un seul m'a donné de bons résultats, c'est l'application au laboratoire des opérations qui sont faites dans les usines. Il est assez long et cause des pertes d'argent qui sont fort appréciables, quand on opère sur des minerais d'une teneur peu élevée. Avant de le décrire, je dirai quelques mots d'un autre procédé beaucoup plus simple qui a le grave inconvénient de donner des résultats très-irréguliers.

La marche qui paraît la plus rationnelle pour retirer l'argent contenu dans le mercure peut se résumer ainsi : placer le mercure dans une coupelle de dimensions convenables, avec la quantité de plomb pauvre suffisante pour permettre d'obtenir l'argent sous forme de bouton bien fondu,

introduire la coupelle sous un moufle froid et chauffer avec la plus grande lenteur jusqu'à l'expulsion totale du mercure, achever enfin la coupellation du plomb d'œuvre.

Ce procédé m'a réussi quelquefois, mais très-fréquemment, il se produit des explosions successives au moment où le mercure commence à distiller, et presque toute la matière métallique est projetée en dehors de la coupelle. Je n'ai pas réussi à éviter ces explosions, soit en poussant un peu rapidement la distillation, soit en conduisant avec la plus extrême lenteur l'élévation de la température du moufle. Les explosions, lorsqu'elles se produisent, font perdre tout le fruit des précédentes opérations; en conséquence, je me suis résigné à adopter en tout cas le procédé que je vais décrire.

Le mercure est introduit dans une grande cornue de verre qui doit être remplie tout au plus jusqu'au tiers de la hauteur de la panse : la cornue est chauffée lentement dans un four à réverbère ; le mercure distillé est recueilli dans une capsule contenant de l'eau. L'appareil est disposé comme pour l'essai des minerais de mercure, et l'opération est conduite à très-peu près de la même manière. On conduit très-lentement la distillation du mercure et la cornue n'est portée au rouge sombre que lorsque la distillation paraît être complète.

L'argent reste dans la panse de la cornue, soit sous forme de culot, si l'on a chauffé un peu fortement dans les derniers moments, soit sous forme de pellicules ou de lamelles adhérentes à la paroi, lorsque la température n'a pas été élevée jusqu'au point de fusion de l'argent. Dans tous les cas, on remarque à la partie supérieure de la panse, et jusqu'à la naissance du col des pellicules d'argent. Elles proviennent des globules d'amalgame qui ont été projetés pendant la distillation, à la suite des petites explosions qui ont lieu dans la cornue, comme dans la coupelle, mais avec une force bien moindre. La distillation du mercure con-

plus grande au laboratoire que dans les usines. On n'arrive à dissoudre dans le mercure les amalgames très-divisés qu'en mettant très-longtemps en contact avec du mercure peu ou point divisé toutes les parties des boues qui contiennent les amalgames en grains très-petits. Au laboratoire, on n'atteint ce résultat qu'à force de patience : dans les usines on est obligé de soumettre les boues à une véritable préparation mécanique. On a proposé dans ces dernières années plusieurs procédés ou artifices pour faciliter l'amalgamation et la dissolution des amalgames, dans le mercure liquide ; quelques-unes de ces inventions ont même acquis une vogue passagère. Je n'ai pas l'intention de les décrire parce qu'aucune d'elles n'est employée dans le traitement des minerais d'or et d'argent par la vapeur d'eau. Je dois seulement exposer les résultats des expériences que j'ai faites pour constater l'influence exercée sur l'amalgamation par la présence de différents corps ; les huiles, la chaux, les amalgames divers.

INFLUENCE DES HUILES.

J'ai expérimenté sur un certain nombre d'huiles différentes ; elles se comportent toutes de la même manière : il suffira d'exposer les résultats que j'ai obtenus avec l'huile de pétrole brute. C'est elle qui serait employée en Amérique de préférence à toutes les autres si les effets étaient susceptibles d'application industrielle. J'ai dû employer pour l'amalgamation le mortier de porcelaine et non pas les meules verticales : ce dernier appareil aurait présenté trop de difficultés pour le nettoyage après chaque expérience. Dans le but d'obtenir des résultats directement comparables, j'ai opéré sur le même mélange de pyrite aurifère peu arsenicale, grillée sous le moufle et de minerai d'argent antimonial et blendeux : les deux minerais étant employés en parties égales. J'ai traité ce mélange en plusieurs fois par la vapeur surchauffée, au-dessous du rouge sombre, en pous-

sant l'action de la vapeur jusqu'à cessation du dégagement de l'acide sulfureux. Tous les minerais grillés ont été mélangés avec soin par longue trituration dans un mortier. J'ai obtenu de cette manière une matière parfaitement homogène dont j'ai déterminé la teneur en or et en argent par un essai spécial. J'ai soumis cette matière à l'amalgamation sous les meules, et j'ai constaté un rendement de 2 p. 100 d'or et d'argent, supérieur d'environ 11 p. 100 à la teneur accusée par l'essai.

J'ai fait sur des portions égales de cette matière, pesant chacune 25 grammes, les expériences suivantes.

Première expérience. — Je triture dans un mortier de porcelaine et pendant six heures effectives avec 25 grammes de mercure; la trituration est faite pendant trois heures à sec, pendant trois heures avec 30 p. 100 d'eau, quantité suffisante pour donner à la matière la consistance d'une pâte ferme. Le bouton d'argent et d'or pèse 0g,40. J'obtiens ainsi moins d'or et d'argent que par l'amalgamation sous les meules; mais la fraction des métaux précieux obtenue est assez grande pour que l'influence de l'huile sur l'amalgamation soit bien évidente.

Seconde expérience.—Je répète l'opération sur 25 grammes de matières, avec 25 grammes de mercure; après six heures de trituration à sec et avec de l'eau, j'ajoute 10 grammes d'huile de pétrole, et je continue à triturer pendant six heures. Dès que l'huile a été ajoutée, le mercure se réunit en petits globules très-brillants. J'obtiens 0g,410 d'argent et d'or; c'est-à-dire presque rigoureusement la même quantité que dans la première expérience. Il n'y a pas eu formation d'amalgames pendant les six heures de trituration, après l'addition d'huile.

Troisième et quatrième expériences.—Je recommence les opérations avec les mêmes poids de minerai et de mercure, en triturant deux heures à sec, deux heures avec de l'eau et ensuite deux heures à sec, deux heures avec de l'eau et

six heures après addition de 10 grammes d'huile. J'obtiens dans les deux cas 0g,30 et 0g,305 d'argent et d'or. La conclusion est la même que pour la seconde expérience; il ne s'est pas formé d'amalgames depuis l'addition de l'huile.

Cinquième expérience. — Je fais une pâte un peu consistante avec 25 grammes de minerai grillé et 10 grammes d'huile; j'ajoute 25 grammes de mercure et je triture dans le mortier pendant six heures effectives. Le mercure se divise assez bien en petits globules très-brillants. Après la trituration, la réunion du mercure se fait avec la plus grande facilité; mais à la distillation il ne reste dans la cornue aucune trace d'or et d'argent.

Il n'y a pas eu formation d'amalgames.

Ces expériences démontrent que l'addition d'une quantité assez grande d'huile arrête l'amalgamation: il restait à démontrer qu'une quantité d'huile très-faible produit le même résultat.

Sixième expérience. — Je répète la première expérience en ajoutant avant de mettre le mercure, quelques gouttes d'huile. Je n'obtiens dans la cornue après distillation du mercure qu'une pellicule presque impondérable de métaux précieux. Il est donc bien démontré que l'huile s'oppose à la formation des amalgames, alors même qu'elle est en quantité extrêmement faible. Il faut éviter soigneusement le contact de l'huile avec les matières pendant toute la durée de l'amalgamation. J'ai pu constater dans toutes mes expériences que l'huile facilite beaucoup la réunion du mercure et peut-être cette propriété pourra-t-elle trouver une application utile dans l'industrie. Mais il faut bien faire attention que l'huile ne doit être employée dans ce but, faciliter la réunion du mercure, que lorsque la formation des amalgames est complète.

INFLUENCE DE LA CHAUX.

J'ai déjà indiqué précédemment l'influence très-fâcheuse qu'exerce le calcaire, lorsqu'il est en proportion un peu forte, dans le traitement par la vapeur d'eau. Il est partiellement décomposé alors même que la température est constamment maintenue au-dessous du rouge sombre: l'hydrate de chaux qui se produit empâte les minerais et s'oppose aux réactions. Dans l'amalgamation, la chaux exerce également une influence défavorable. J'ai pu le constater par un assez grand nombre d'expériences, mais il me paraît inutile d'insister longuement sur ce point, car le résultat auquel je suis arrivé est en concordance parfaite avec les faits observés depuis bien des années dans plusieurs ateliers d'amalgamation.

La présence de la chaux, en proportion notable, 10 p. 100 et au delà, ne s'oppose pas à la formation des amalgames; elle paraît même la rendre plus prompte en favorisant la division du mercure; mais à la fin de l'opération, lorsqu'on cherche à réunir les amalgames dans le mercure, on éprouve de grandes difficultés : la perte de mercure est toujours fort notable. La perte des métaux précieux est à peu près proportionnelle à la perte du mercure. Le mercure et les amalgames très-divisés sont entraînés par l'eau pendant le lavage des boues; on n'arrive pas à un rendement convenable en or et en argent en soumettant successivement les boues deux ou trois fois à l'amalgamation. Les cendres de combustibles végétaux produisent le même effet, mais à un degré moindre.

INFLUENCE DES MÉTAUX.

Depuis quelques années on a proposé de se servir d'une proportion un peu variable mais toujours faible d'amalgame de sodium pour faciliter l'amalgamation. J'ai dû faire un

assez grand nombre d'expériences pour constater l'influence que l'addition de cet amalgame, à divers moments de l'opération, peut exercer sur la rapidité de l'amalgamation et sur la perte des métaux, mercure, or et argent. Je me suis servi de l'amalgame de sodium, qui est employé dans quelques usines américaines : il est solide, cassant, terne à la surface et d'un gris un peu bleuâtre.

J'ai préparé d'abord un poids un peu considérable de minerai d'or et d'argent, d'une teneur assez élevée, mélangé avec des pyrites de fer grillées sous le moufle, et traité ensuite, par la vapeur surchauffée, avec toutes les précautions possibles. J'ai rendu la matière parfaitement homogène par une longue trituration dans un mortier. Chacune des expériences a été faite sur 25 grammes de cette matière. J'ai déterminé le rendement à l'amalgamation en opérant dans l'appareil à meules. Je n'indique pas ici les proportions relatives de l'or et de l'argent, parce que les deux métaux se sont comportés de la même manière dans mes expériences.

Le rendement à l'amalgamation a été de 2 p. 100 d'or et d'argent.

Première expérience. — Je soumets à l'amalgamation dans un mortier de porcelaine 25 grammes de minerai grillé à la vapeur surchauffée en employant 20 grammes de mercure : j'opère pendant quatre heures à sec et pendant quatre heures en présence de l'eau. Je retire du mercure un bouton d'or et d'argent pesant $0^g,40$. Le rendement est les $\frac{80}{100}$ de celui que j'obtiens sous les meules en poussant l'amalgamation pendant tout le temps nécessaire. Le résultat obtenu en huit heures dans le mortier est bien suffisant pour permettre d'apprécier l'influence de l'amalgame de sodium.

Seconde série d'expériences. — Je répète l'expérience dans les mêmes conditions avec la seule différence qu'après les huit heures de trituration avec le mercure dans le mor-

tier, j'ajoute 1 gramme de l'amalgame de sodium. Le mercure se rassemble avec plus de facilité; mais le rendement est le même que celui de la première expérience.

Je répète les opérations en faisant varier seulement la proportion de l'amalgame de sodium : j'arrive toujours au même résultat : le mercure se rassemble avec une grande facilité, mais le rendement en or et en argent ne varie pas sensiblement. Les poids des boutons sont compris entre $0^{g},38$ et $0^{g},42$.

Troisième série d'expériences. — Opérant toujours sur 25 grammes de minerai traité par la vapeur surchauffée et 20 grammes de mercure, je fais la trituration dans le mortier pendant quatre heures à sec et pendant quatre heures en présence de l'eau. Mais dans cette seconde période, de la trituration j'introduis 1 gramme d'amalgame de sodium, après la première heure, après la seconde et après la troisième. Dans toutes ces expériences, le mercure se réunit avec facilité, mais les boutons d'argent et d'or obtenus sont notablement plus faibles que dans les premières expériences. La diminution dans le rendement est d'autant plus grande que l'amalgame de sodium a été ajouté plus tôt pendant la trituration.

L'amalgame étant ajouté après la première heure, j'obtiens un bouton d'or et d'argent pesant de $0^{g},30$ à $0^{g},33$.

L'amalgame ajouté après la seconde heure, le bouton d'or et d'argent pèse de $0^{g},34$ à $0^{g},35$.

L'amalgame étant introduit après la troisième heure, le bouton d'or et d'argent pèse de $0^{g},35$ à $0^{g},37$.

La perte de mercure est sensiblement nulle dans toutes les opérations.

CHAPITRE III.

MÉTHODE MÉTALLURGIQUE. — APPAREILS.

Le principe du nouveau procédé de traitement des minerais d'or et d'argent consiste à obtenir ces deux métaux précieux à l'état métallique et dans des conditions telles que les matières puissent être utilement soumises à l'amalgamation directe.

La question est résolue théoriquement par le grillage à la vapeur d'eau appliqué à un mélange en proportions convenables de pyrite et de minerai. L'objection pratique est l'énorme consommation de vapeur et la durée correspondante du grillage.

Cet obstacle est levé en partie par l'emploi de la vapeur surchauffée. Cependant la consommation de vapeur est encore très-grande et la durée du grillage est très-longue, en sorte que le procédé ne peut être utilement appliqué qu'à un certain nombre de minerais riches.

Enfin, la solution économique du problème a été atteinte en utilisant encore l'action de la vapeur surchauffée, mais en remplaçant, dans le mélange, la pyrite crue par de l'oxyde de fer ou de la pyrite de fer préalablement grillée à l'air.

Cependant il ne faut pas oublier que l'emploi des réactifs oxydants comporte deux exceptions (*) : d'une part le chlorure d'argent, de l'autre les cuivres gris desquels on cherche à retirer le cuivre après avoir extrait l'argent

---

(*) Voir chapitre II, page 48.

et l'or. Ces deux minerais doivent être soumis à la formule de traitement précédemment décrite (*).

Nous ne reproduirons ici que la formule applicable au cas général; nous ne reviendrons pas sur les réactions déjà exposées, mais nous insisterons au contraire sur les appareils propres à assurer le succès des principales opérations.

Nous admettrons en outre que les usines peuvent se procurer à des prix modérés les pyrites aurifères, qui, après grillage, serviront de réactif oxydant, de préférence au minerai de fer stérile en métal précieux.

La série des opérations est alors :

1° Grillage à peu près complet des pyrites en grand tas, en cases, ou bien dans des fours à réverbère chauffés à la houille, au lignite, à la tourbe ou au bois;

2° Pulvérisation et mélange intime des pyrites grillées avec les minerais d'or et d'argent;

3° Grillage par la vapeur d'eau surchauffée des minerais d'or et d'argent, mélangés avec les pyrites grillées;

4° Amalgamation directe sans intervention d'aucun réactif;

5° Séparation de l'amalgame d'avec les boues;

6° Compression de l'amalgame;

7° Distillation du mercure;

8° Fonte des métaux précieux.

PREMIÈRE OPÉRATION.

Grillage des pyrites.

Le grillage partiel ou à peu près complet des pyrites est une opération bien connue en métallurgie et je ne propose pour l'effectuer aucun appareil nouveau. On peut

(*) Voir Chapitre II, page 49.

adopter dans chaque localité suivant les circonstances le mode de grillage qui paraît le plus convenable et le plus économique parmi les procédés employés dans les différents pays pour le grillage des minerais pyriteux et des mattes.

Le but qu'il s'agit d'atteindre est d'oxyder à peu près complétement les sulfures contenus dans les pyrites, en évitant autant que possible la formation des sulfates et par conséquent en limitant convenablement, pendant toute la durée de l'opération, l'arrivée de l'air sur les pyrites. On doit apporter une grande attention à ne pas élever la température notablement au-dessus du rouge sombre, afin de conserver à l'or et à l'argent contenus dans les pyrites la faculté de s'amalgamer avec facilité.

J'ai déjà spécifié que le grillage peut être fait en grands tas, en cases ou dans des fours à réverbère. Je donne, mais seulement comme exemple dans les *fig.* 1 et 2, Pl. II, la disposition d'un four à réverbère chauffé au bois, dans lequel on peut griller en vingt-quatre heures jusqu'à 4 tonnes de pyrites, en deux charges.

La *fig.* 1 est la coupe verticale suivant l'axe du four;

La *fig.* 2 est la coupe horizontale faite un peu au-dessous du niveau du pont.

La sole en briques placées debout, présente une surface plane et horizontale de 4 mètres de long sur 3 mètres dans la plus grande largeur.

Le chargement des pyrites est fait par les quatre portes *a*, *a*, *a*, *a*, ou bien par une trémie placée au-dessus de la voûte, si cette disposition paraît plus convenable. Les quatre portes servent aux râblages pendant la durée du grillage et au déchargement lorsque le grillage est terminé. Les flammes partant du foyer F suivent la voûte et arrivent dans la cheminée *c*, élevée d'environ 8 mètres, par les conduits *m*, *m*.

Le tirage du four est réglé par un registre placé en haut

de la cheminée et par le mur *n* en briques qui ferme le cendrier : ce mur est percé d'ouvertures rectangulaires fermées par des portes mobiles dans des coulisses.

L'espace voûté V sous la sole, peut servir à recevoir les pyrites grillées; on n'a pas représenté dans les *fig.* 1, 2 les dispositions bien connues qui permettent d'utiliser l'espace V pour cet objet. Presque tous les directeurs d'usines trouveront qu'il est plus simple de faire tomber les pyrites grillées directement dans les brouettes en tôle, qui serviront à leur transport immédiat au magasin.

L'opération est conduite à peu près comme le grillage des minerais de cuivre pyriteux à Swansea (Angleterre). Le four étant à une température un peu plus élevée que le rouge sombre, la charge de deux tonnes de pyrites est introduite par les portes et par la trémie, et étalée uniformément sur la sole. Les pyrites s'échauffent et brûlent à la surface au contact des flammes oxydantes. Le feu est poussé lentement; l'arrivée de l'air par le mur *n* est réglée de telle manière que la combustion ne produise pas l'agglomération des pyrites. A des intervalles réguliers, d'heure en heure, les ouvriers travaillent les pyrites avec le râble et la spadelle, afin de renouveler les surfaces en contact avec les gaz oxydants, d'écraser les grumeaux et de régulariser les progrès de l'oxydation. A mesure que l'oxydation est plus avancée, le feu est poussé un peu plus activement et l'air est admis en plus grande quantité. Le grillage est considéré comme terminé lorsque la charge a pris une teinte rougeâtre dans toutes ses parties et lorsque le dégagement d'acide sulfureux est devenu presque insensible à l'odorat. Il faut environ douze heures pour que ce résultat soit obtenu. On procède alors au déchargement et on introduit une nouvelle charge.

SECONDE OPÉRATION.

Pulvérisation et mélange des pyrites grillées avec les minerais.

La proportion de pyrites qu'il convient d'employer doit varier : 1° avec la perfection du grillage des pyrites; 2° avec la composition des minerais d'or et d'argent; 3° avec les conditions spéciales de chaque usine. Chaque directeur d'usine devra la fixer en ayant égard aux prix d'achat, à la teneur en or, aux frais de transport et aux autres conditions économiques, en ténant compte du but qu'il s'agit d'atteindre pour le mélange des pyrites grillées avec les minerais d'or et d'argent : le but est de rendre plus rapide l'action de la vapeur d'eau (troisième opération). Dans tous les cas, il est essentiel que le mélange des minerais avec les pyrites grillées soit parfaitement intime. Il faut que le mélange soit fait en même temps que la pulvérisation des minerais (ou même après cette pulvérisation si les minerais sont amenés tout pulvérisés à l'usine) sous des meules verticales, sous les pilons d'un bocard ou dans tout autre appareil donnant le même résultat.

TROISIÈME OPÉRATION.

Grillage par la vapeur d'eau surchauffée.

Le traitement par la vapeur d'eau surchauffée des minerais d'or et d'argent mélangés avec une proportion convenable de pyrites préalablement grillées peut être conduit de la manière et dans les appareils mentionnés chapitre II, § 2, pages 53 et 57. Mais le four à réverbère est avantageusement remplacé par le four à rotation représenté Pl. II, III et IV.

FOUR A ROTATION.

J'ai cherché à reproduire en grand l'appareil qui m'a servi au laboratoire, en éliminant l'inconvénient grave de l'impossibilité de râbler pendant l'opération; en même temps j'ai pu réduire l'intervention de l'ouvrier aux manœuvres indispensables : conduite du feu, chargement et déchargement.

Dispositions générales. — Le minerai est chargé dans un cylindre horizontal en fonte ou en tôle (feuilles boulonnées) de 1 mètre de diamètre et de 3^m,50 à 4 mètres de longueur, disposé dans un four chauffé au bois, à la houille, etc. A l'intérieur le cylindre est armé de cannelures; à l'extérieur il est entouré par trois bagues très-épaisses, formant autant de poulies à gorges qui portent sur des galets en fer : chaque bague roule sur une paire de galets, en sorte que le cylindre, pendant sa rotation, est soutenu en son milieu et à ses extrémités (*).

Les bases du cylindre sont en dehors des parois du four et portent des couronnes dentées engrenant avec des pignons calés sur un arbre parallèle aux génératrices du cylindre.

Le mouvement est donné à l'arbre par une machine, et la vitesse de rotation réglée selon le degré de finesse des matières.

Les flammes surchauffent d'abord la vapeur et enveloppent ensuite le cylindre de façon à porter les matières à la température convenable pour l'action de la vapeur d'eau; enfin, elles se rendent dans la cheminée un peu élevée qui reçoit aussi les prodnits sortant du cylindre.

La vapeur surchauffée arrive par une des bases du cylindre et l'excès s'échappe par l'autre avec les produits

(*) L'expérience a montré que pour les dimensions ci-dessus, on pouvait se contenter des deux paires de galets extrêmes.

volatils. La Pl. IV donne l'ensemble de l'appareil représenté par trois coupes et une élévation.

Les dimensions indiquées dans les figures s'appliquent à un cylindre en fonte dans lequel on peut charger jusqu'à 500 kilogrammes de minerai ; le foyer et ses portes sont disposés pour le cas où le combustible est le bois.

Il sera facile aux directeurs d'usines de modifier selon leurs besoins les dimensions du cylindre et de disposer, s'il y a lieu, le foyer en vue d'un combustible minéral.

La *fig.* 1 est une coupe horizontale du four, suivant la ligne 3, 4, 5, 6 de la *fig.* 2. Le cylindre y est tracé en projection.

La *fig.* 2 représente la coupe verticale du four suivant la ligne 1, 2 de la *fig.* 1.

La *fig.* 3 est une coupe transversale faite selon la ligne 7, 8 de la *fig.* 1.

Enfin l'élévation *fig.* 4 montre le four du côté de la prise de vapeur.

Les détails de construction sur lesquels je reviendrai ci-après sont contenus dans la Pl. II, *fig.* 3 à *fig.* 8, et dans la Pl. III.

Description du four : maçonnerie et cylindre. — Le bois est chargé par la porte P dans le foyer F.

Les flammes sont divisées par le mur *e* qui s'élève jusqu'à la voûte du four ; elles descendent sous le cylindre C, remontent de l'autre côté pour gagner les 4 carnaux *b*, et se réunissent dans le canal horizontal *a*, qui les conduit à la cheminée B.

La vapeur arrive du générateur par le tuyau V, passe dans le deuxième tuyau V′ et sort du four par le troisième tuyau V″. Ce dernier est recourbé à l'extérieur du four et vient se réunir dans le manchon A avec le tuyau *y* fixé au cylindre.

Par son passage dans les trois tuyaux, entièrement entourés par les flammes du foyer, la vapeur acquiert une

température assez élevée. Il serait d'ailleurs bien facile de la surchauffer davantage en plaçant deux tuyaux sur la paroi verticale du foyer, côté du pont. Quel que soit le nombre des tuyaux chauffés par les flammes, il sera utile de placer les coudes en dehors de la maçonnerie, ainsi que cela est indiqué dans la *fig.* 1, pour le cas des trois tuyaux seulement.

La maçonnerie est forcément interrompue parallèlement au cylindre et de chaque côté, au-dessus de son axe : elle est maintenue par des plaques de fonte dont la disposition est indiquée *fig.* 2 et 3 (*). Les deux parois du four correspondant aux deux bases du cylindre sont fermées par des plaques de fonte, maintenues par quatre fortes armatures. Le four est couvert au-dessus du cylindre par des plaques de tôle formant voûte, et renforcées par des armatures. Le cylindre est en fonte ou en tôle. Les figures jointes au mémoire se rapportent à un cylindre en fonte : la disposition d'un cylindre en tôle présenterait des différences tellement faibles qu'il est inutile de la tracer dans des planches spéciales. Le cylindre est fondu en deux pièces qui sont assemblées par l'anneau extérieur *m*, *fig.* 8, Pl. *II*.

On voit dans la coupe *fig.* 5, Pl. II, que le cylindre porte à l'intérieur huit cannelures saillantes et quatre autres à l'extérieur. Les cannelures intérieures règnent sur toute la longueur du cylindre : elles servent à forcer le minerai à changer de place dans la rotation lente du cylindre : elles sont destinées, conjointement avec le mouvement de rotation, à produire l'effet des râblages des minerais élaborés dans les fours à réverbère.

Les cannelures extérieures ne sont utiles que près des trois anneaux *m*, *m'*, *m''*. Ces anneaux sont entaillés, en

(*) Les détails de construction de ces plaques et de toutes les armatures du four sont figurés dans la Pl. III et décrits dans la légende.

correspondance, de manière qu'avec les cales on puisse rendre parfaitement solidaires les anneaux et le cylindre.

Les anneaux sont munis de rebords et portent sur les trois paires de galets g, g', g''. Les galets et leurs axes de rotation sont en fer : les supports sont en fonte.

Les deux bases du cylindre sont fixées par des boulons. L'une d'elles E porte le tuyau par lequel arrive la vapeur surchauffée. Elle est munie de deux portes de chargement et de déchargement (*fig.* 3, Pl. II).

La seconde base E′ (*fig.* 6, Pl. II) porte le tuyau de sortie qui se rend dans la cheminée. Une porte π est ménagée dans ce tuyau afin de permettre à l'ouvrier de reconnaître la nature des gaz qui se dégagent sous l'action de la vapeur. La paroi de la cheminée est percée d'une ouverture circulaire garnie en fonte et d'un diamètre un peu plus grand que celui du tuyau, afin que ce dernier puisse tourner librement avec le cylindre.

Mécanisme moteur. — Le mouvement est imprimé au cylindre à l'aide de deux roues dentées R, R′, placées à l'extérieur du four, et fixées sur le cylindre de la même manière que les anneaux m, m', m''. Ces roues sont commandées par les deux pignons r, r' (*fig.* 1 et 2, Pl. IV), fixés sur un axe au-dessus du cylindre et à l'extérieur du four. L'axe est porté par deux supports en fonte aux deux extrémités du four et par un troisième support encastré dans la maçonnerie de la cheminée. La bobine motrice H est fixée sur l'arbre à proximité de la base E′ du cylindre. La rotation du cylindre a donc lieu sur les galets par l'effort des roues dentées : d'après la disposition indiquée la rotation a lieu nécessairement autour de l'axe de figure du cylindre. Le mouvement doit être très-lent et doit varier, du reste, avec le degré de ténuité des minerais. Dans les cas les plus ordinaires, le cylindre ne fera guère que de 20 à 30 révolutions par heure.

Entrée de la vapeur. — L'arrivée de la vapeur dans le

cylindre exige une disposition spéciale. Il faut que la vapeur passe sans perte du tuyau fixe du surchauffeur dans le tuyau tournant de la base du cylindre : il faut de plus que l'air extérieur ne puisse pas entrer dans ce dernier tuyau, appelé par le mouvement de la vapeur. Le but peut être atteint par des dispositions diverses. Je propose la solution qui est tracée en coupe dans la *fig.* 4. Pl. II. V″ est le tuyau fixe qui reçoit la vapeur du surchauffeur ; *y* est le tuyau tournant avec le cylindre.

Le tuyau *y* est un peu évasé à son extrémité et entoure, avec un jeu d'au moins $0^m,01$, l'extrémité du tuyau V″ ; ses bords bien polis frottent contre la surface verticale de l'oreillette *o* fondue avec le tuyau V″. L'assemblage des deux tuyaux est entouré par la boîte en fonte A. La boîte est boulonnée d'un côté avec l'oreillette annulaire *c*, fondue avec le tuyau fixe V″. De l'autre côté, la boîte porte un rebord annulaire B′, dont la surface extérieure, très-légèrement conique, est polie avec soin. Le rebord présente une ouverture assez grande pour le passage de l'évasement du tuyau *y*. Ce dernier est entouré à frottement dur par un manchon M, dont le rebord présente la forme conique correspondante à celle du rebord B′. Lorsque les deux tuyaux sont en place, on pousse le manchon M au contact du rebord B′. Il n'y a plus alors pour la sortie de la vapeur surchauffée, comme pour la rentrée de l'air extérieur, que des joints extrêmement faibles. Pour plus de sûreté, on fait arriver dans la boîte A, par le tuyau *t*, de la vapeur prise dans la chaudière de la machine motrice. La boîte A est portée par un bâti en fonte, laissant passage pour le ringard de l'ouvrier, lors du chargement et du déchargement du cylindre.

Description du travail. — Chaque opération est divisée en trois périodes : chargement, action de la vapeur, déchargement.

Première période, chargement. Le cylindre est arrêté dans la position qu'indique la *fig.* 4, Pl. IV. Les deux portes P′.P′.

sont ouvertes. Le minerai est chargé par une trémie qui n'est pas représentée dans les figures parce que sa disposition n'offre rien de particulier : une plaque de tôle mobile conduit le minerai de la trémie dans le cylindre par la porte P'. En même temps, un ouvrier armé d'un râble pousse le minerai jusqu'au fond du cylindre et régularise son épaisseur. On ferme alors les deux portes.

Seconde période, action de la vapeur. On met le cylindre en mouvement, en le faisant tourner de gauche à droite, c'est-à-dire dans le sens du mouvement des flammes passant sous le cylindre : on fait arriver la vapeur en quantité telle qu'elle prenne dans le cylindre un mouvement lent. On pousse le feu de manière à porter le cylindre tout au plus au rouge sombre. L'action de la vapeur commence bientôt et on peut la suivre en ouvrant l'orifice O (*fig.* 1 et 2, Pl. IV) de la cheminée. Le temps nécessaire pour compléter le grillage est variable avec la nature des minerais traités. On reconnaît que le grillage est terminé aux caractères suivants : 1° en regardant par l'ouverture O de la cheminée, on ne voit plus de vapeur jaune sortir du cylindre, on perçoit une odeur à peine sensible; 2° en introduisant par la porte π du tuyau de sortie un papier imprégné d'un sel de plomb (acétate de plomb par exemple), le papier n'est plus noirci sensiblement.

Troisième période, déchargement. Le grillage étant terminé, on arrête l'arrivée de la vapeur. On arrête le cylindre dans la même position que pour le chargement. On ouvre les deux portes P',P'. L'ouvrier, à l'aide d'un râble, fait tomber le minerai soit sur le sol, soit dans les brouettes en tôle qui servent à le transporter à la place de dépôt.

En résumé, le four à rotation présente le grand avantage d'économiser le combustible et la main d'œuvre; il assure d'une manière absolue l'exclusion de l'air; la vapeur d'eau surchauffée peut seule agir sur le minerai.

QUATRIÈME OPÉRATION.

Amalgamation.

Tous les appareils qui ont été employés jusqu'ici dans les usines peuvent être appliqués à l'amalgamation des minerais grillés à la vapeur d'eau. La seule condition essentielle à réaliser est que le mercure puisse être divisé en particules très-fines et mis en contact intime et prolongé avec tous les grains du minerai grillé.

Dans les expériences qui ont été faites au Mexique on a employé les tonnes tournantes en bois. En Californie on s'est servi des *pans*, et les résultats ont été très-bons; l'amalgamation est faite avec assez de rapidité et sans perte de mercure. L'appareil présente cependant un inconvénient : le mouvement de rotation est trop rapide. L'une des conditions les plus essentielles d'une bonne amalgamation, la durée du contact du mercure avec les grains du minerai, ne se trouve pas réalisée.

L'effet utile de l'appareil n'est dû qu'à la multiplicité des contacts, et il faut quelquefois traiter de nouveau les résidus d'une première amalgamation pour dissoudre dans le mercure la totalité de l'or et de l'argent contenus à l'état métallique dans les minerais grillés.

Les meules verticales tournant dans une auge annulaire m'ont paru l'outil le plus propre à réaliser les conditions d'un bon travail; j'ai adopté la disposition représentée planches V et VI.

MEULES VERTICALES.

Voici les principaux avantages que présentent les meules verticales : possibilité d'opérer sur un poids considérable de minerai; travailler à volonté à sec, ou en présence de l'eau; diviser plus ou moins le mercure; exercer par le

poids des meules une pression prolongée qui rend l'amalgamation rapide et complète.

Disposition générale. — Elle se rapproche beaucoup de celle qui est adoptée maintenant pour le broyage des terres, etc. Les dimensions de l'appareil et le nombre des meules peuvent varier suivant l'importance des usines. L'appareil figuré Pl. V et VI comporte quatre meules et pourrait traiter en une fois plus de 3 tonnes de minerais grillés.

Les minerais et le mercure sont mis dans une auge annulaire M, dont le fond est horizontal, et l'on fait rouler avec plus ou moins de lenteur les meules verticales R. R'. R''. R'''. reliées par des bras à un axe vertical S. Le mouvement est transmis à l'arbre à l'aide de l'engrenage conique T, placé au-dessous de la sole. Cet engrenage pourra être placé, si on le juge convenable, au-dessus de tout l'appareil. L'axe vertical sera alors plus long, ce qui n'offre pas un bien grave inconvénient.

Au même axe vertical S sont liés, par quatre bras *a*,*b*,*c*,*d*, les couteaux en tôle A,B et les râteaux C,D. Le rôle des couteaux est de ramener constamment sous les roues les matières qui sont portées dans les angles de l'auge annulaire. Les rateaux servent à diviser et à séparer de la sole de l'auge les matières écrasées par les roues.

Tous les ingénieurs qui auront à appliquer les meules verticales à l'amalgamation, comprendront aisément, d'après la description et les planches, les modifications très-simples qu'ils devront apporter à la construction dans le cas où ils jugeraient convenable de n'employer que deux ou trois meules, une seule paire de couteaux et un seul rateau.

La *fig.* 1, Pl. VI est une projection horizontale.

La *fig.* 1, Pl. V est une coupe verticale faite suivant l'axe.

Les détails de construction des couteaux, des rateaux, de

l'axe des meules et de l'orifice de déchargement sont complétés par les autres figures.

Détails des diverses parties de l'appareil. — L'axe vertical S est supporté en bas par un coussinet dont la disposition ne présente aucune particularité; il est dirigé vers le haut par un coussinet vertical, soutenu par le système de charpente que représente le dessin *fig.* 1, Pl. V, ou par toute autre disposition équivalente qui pourra paraître préférable dans chaque usine.

La grande roue dentée conique T, engrène avec un pignon F fixé sur l'arbre qui reçoit directement le mouvement de la machine motrice. Le rapport des diamètres des deux roues dentées dépend de la vitesse du mouvement que la machine motrice transmet à l'arbre horizontal. La vitesse de rotation de l'axe vertical S doit varier d'un tour à quatre tours au plus par minute. Les résistances que doit vaincre l'axe vertical étant considérables, il faudra toujours donner à la roue dentée T un très-grand diamètre et aux dents une très-grande solidité.

Au-dessus du coussinet vertical, l'axe vertical S est à section rectangulaire et porte les deux boîtes en fonte *G*, *H*., dans lesquelles sont fixés les bras *a.b.c.d.* des couteaux et des râteaux, et les bras des quatre roues verticales.

Les bras des couteaux et des râteaux sont immobiles dans la boîte G : ils sont reliés entre eux par les tirants *a'*, sortes de barres d'atelage, qui doivent être assez solides pour s'opposer à toute flexion des bras.

L'assemblage des bras des quatre roues verticales dans la boîte H est un peu différent, ainsi que le représente les *fig.* 1, Pl. V et *fig.* 2 et 3, Pl. VI. Il faut que les roues puissent rouler sur des matières d'épaisseur variable, et par conséquent il est indispensable que les bras puissent prendre une inclinaison de quelques degrés. L'effort à produire par la boîte H sur les bras et par les bras sur les roues

étant considérable, ces pièces doivent être construites avec beaucoup de solidité. Les bras sont reliés entre eux par les tirants a'' qui s'opposent à leur flexion tout en permettant les variations dans l'inclinaison des bras.

Les quatre meules sont cylindriques et tout à fait pareilles : elles ont 25 centimètres de largeur de jante et 2 mètres de diamètre : elles sont liées aux bras absolument de la même manière que les roues d'une charrette sont réunies aux essieux. Elles peuvent être faites en bois avec jante en fer, ou bien entièrement en fonte, ou bien partie en bois et partie en fonte : on pourrait même les faire en pierres dures avec la jante en fer. Le seul point essentiel est que les roues soient cylindriques et d'un poids un peu considérable, d'environ 1.000 kilogrammes pour chaque roue. Dans leur mouvement autour de l'axe S les roues doivent parcourir des chemins différents. Les distances des bords intérieurs des roues au cercle qui limite l'auge à l'intérieur sont de 0^m.15, 0^m.40, 0^m.65, 0^m.90. La roue la plus éloignée de l'axe vertical S est encore assez écartée des bords extérieurs de l'auge pour que les matières entraînées par la roue retombent dans l'auge elle-même et non pas à l'extérieur. Les couteaux A, B sont en forte tôle : leur liaison avec les bras *a* et *b* est indiquée par les *fig.* 2, 3 et 4, Pl. V.

La disposition des râteaux C, D et leur liaison avec les bras sont identiques à celles des couteaux. Chaque râteau porté de douze à quatorze dents tranchantes fixées sur une lame de tôle un peu inclinée, rasant la sole de l'auge.

La disposition de l'auge exige des explications un peu plus détaillées. L'auge se compose d'une sole horizontale annulaire et de deux rebords inclinés, l'un à l'extérieur, l'autre à l'intérieur. Elle est construite sur une maçonnerie très-solide : la surface horizontale de la maçonnerie qui supporte l'auge doit être dressée avec le plus grand soin.

La sole est formée de plaques de fonte très-épaisses : les

lignes des joints sont dirigées suivant les rayons partant du centre de l'axe vertical S. Les assemblages sont à recouvrement, et les joints sont assez serrés pour que les matières les plus fines ne puissent pas passer sous les plaques. La surface de la sole doit être assez bien dressée pour que les couteaux et les râteaux ne rencontrent pas d'obstacles à leur mouvement de rotation.

Le rebord intérieur peut être en fonte ou en tôle forte. Il est appuyé contre la maçonnerie et il est assemblé par recouvrement avec les plaques de fonte de la sole.

Le rebord extérieur a 40 centimètres environ de hauteur verticale au-dessus de la sole; il est formé par des plaques de fonte réunies entre elles par des oreillettes et des boulons. Ces plaques sont assemblées par recouvrement avec les plaques de fonte de la sole, comme l'indique la *fig.* 1, Pl. V. De plus, le tout est maintenu en serrage par le cercle I composé de plusieurs segments dont on peut faire varier la tension à l'aide de boulons et d'écrous. Chaque plaque de rebord est munie d'une nervure extérieure qui s'appuie sur le cercle de fer.

La porte de déchargement est une plaque de fonte P, mobile dans deux rainures, et formant, quand elle est en place, la continuation du rebord extérieur de l'auge. Elle est appuyée extérieurement par des armatures qui soutiennent en même temps le canal de sortie des matières Q. Le canal est à volonté en tôle ou en fonte; il est incliné à 15 ou 20°. Les matières sortent de l'auge en suspension dans l'eau; elles tombent dans la cuve en bois R_1 assez grande pour retenir le mercure et portant un robinet en bois à la partie inférieure. Le fond de la cuve présente une inclinaison régulière vers le robinet. L'eau entraînant les matières divisées, sort de la cuve par le canal en bois U et se rend dans les appareils destinés à recueillir les dernières parties du mercure. La cuve en bois R_1 est fermée par un couvercle percé d'une ouverture à rebords *u*. Ces rebords

empêchent les projections des matières qui sont amenées à l'auge par le canal en fonte ou en tôle.

Description du travail.

Je dois distinguer deux cas :

1° Les minerais sont portés à l'amalgamation tels qu'ils sortent des fours et par conséquent ils sont *secs;*

2° Il est nécessaire de traiter par l'eau les minerais grillés à la vapeur surchauffée avant de les porter à l'appareil d'amalgamation : les minerais sont *mouillés*.

I. — Minerais secs.

Le travail est divisé en trois périodes :

1° *Travail à sec.* — On charge sur la sole annulaire la quantité de minerais qu'il est convenable d'amalgamer en une opération avec la quantité de mercure nécessaire, soit trente à quarante parties de mercure pour une partie d'or et d'argent. La hauteur des minerais étendue sur la sole est de 10 à 15 centimètres. On doit chercher, en chargeant le mercure, à le diviser comme cela se fait dans l'ancienne amalgamation au patio. Le chargement étant fini, on met les meules en mouvement, en leur donnant une vitesse de un à deux tours par minute. On reconnaît bien facilement si la vitesse de rotation est convenable à l'aspect du mercure au bout de deux heures. Le mercure doit être divisé à tel point qu'on ne distingue plus de globules. Le mercure est à l'état de poussière presque impalpable, réparti dans toute la masse du minerai. On fait tourner pendant environ deux heures, à partir du moment où le mercure est arrivé à cet état de division. La première période dure donc ainsi de trois à cinq heures, en général quatre heures.

2° *Trituration avec un peu d'eau.* — On mouille progressivement les matières en lançant l'eau avec des pommes d'arrosoirs, sans arrêter les meules mais en les

faisant tourner avec plus de lenteur. On reconnaît que la quantité d'eau est suffisante au caractère suivant. Les matières étant à l'état de pâte coulante, le mercure apparaît en petits globules brillants, mais reste divisé. Avec une quantité d'eau plus grande, aussi bien qu'avec une quantité plus faible, le mercure se réunit facilement en globules et même en masses. L'expérience indiquera très-promptement quelle quantité d'eau il faut employer et quelle vitesse de rotation il faut donner aux roues pour chaque minerai spécial. On fait alors tourner pendant sept ou huit heures, en ajoutant de temps en temps un peu d'eau, pour que la matière reste au degré de consistance reconnu nécessaire pour le maintien de la division du mercure.

3° *Réunion du mercure et dissolution de l'amalgame.* L'amalgamation des métaux précieux est alors terminée : en général, il reste à réunir le mercure et à lui faire dissoudre les amalgames d'or et d'argent qui ont été formés. On fait arriver dans l'auge de l'eau en quantité suffisante pour que les matières forment une sorte de bouillie très-liquide ; on fait tourner les roues très-lentement pendant environ trois heures. On procède enfin au déchargement.

4° *Déchargement.* — On fait tourner les roues très-lentement et on soulève peu à peu la porte P, de manière que les matières s'écoulent avec la lenteur convenable dans la cuve en bois R_1, et de là dans le canal en bois U. On force toutes les matières à passer par la cuve et on nettoie parfaitement toutes les parties de l'appareil d'amalgamation en se servant d'une lance d'eau. Quand ce lavage de l'appareil est terminé, on remet la porte en place et on peut procéder à une nouvelle opération. La majeure partie du mercure, tenant les amalgames en dissolution, se trouve réunie dans la cuve avec une certaine quantité de minerai et d'eau. En décrivant l'opération du débourbage nous indiquerons comment il faut procéder à la reprise du dépôt de cuve.

II. — Minerais mouillés.

Il est quelquefois nécessaire de laver les minerais grillés à la vapeur surchauffée, avant de les soumettre à l'action du mercure. Dans ce cas le travail comprend seulement les deux dernières périodes. La première période que je peux appeler la trituration à sec se trouve supprimée. Il faut alors augmenter un peu la durée de la seconde période et la porter à neuf ou dix heures. Le mercure se divise un peu plus lentement que dans l'amalgamation des minerais secs, mais cette difficulté est compensée par une durée plus longue de l'action du mercure en présence de l'eau.

A part cette différence, le travail est conduit comme je l'ai indiqué dans les pages précédentes.

CINQUIÈME OPÉRATION.

Séparation du mercure d'avec les boues.

L'opération exige des soins minutieux, parce qu'une portion notable du mercure et des amalgames reste très-divisée et ne se dissout que lentement dans le mercure liquide.

Description des débourbeurs. — Les boues, après avoir traversé la cuve et le canal en bois, arrivent dans de grands cylindres débourbeurs. Ces cylindres ont 2 mètres de diamètre et 2 mètres de hauteur; ils sont percés de trous équidistants alignés suivant une génératrice et fermés par des tampons de bois; le trou inférieur est muni d'un robinet en bois vers lequel tend l'inclinaison du fond de la cuve.

Au centre de la cuve cylindrique se trouve un axe vertical armé de bras en fer recourbés. Ces bras sont fixés à des manchons en fonte reliés eux-mêmes à l'axe moteur.

La rotation est juste assez rapide pour maintenir les ma-

tières fines en suspension et laisser tomber les parties lourdes.

Les cylindres, au nombre de deux, sont employés successivement.

Les eaux boueuses, au sortir du cylindre, se rendent par des canaux aux bassins de dépôt. Les canaux sont en bois, à fond incliné, et présentent de nombreux ressauts dans lesquels s'arrêtent les parties les plus lourdes, c'est-à-dire celles qui contiennent encore quelques grains de mercure ou d'amalgame.

Travail. — Malgré les soins apportés dans le déchargement de l'appareil d'amalgamation, il est impossible de régler avec précision l'écoulement des matières, comme quantité et proportion d'eau dans la cuve, les débourbeurs et les canaux. On parvient cependant à retenir dans les débourbeurs la presque totalité des boues, et il n'y a guère que les parties les plus fines qui soient entraînées jusqu'aux bassins de dépôt. C'est là certainement une cause de perte du mercure et de l'amalgame dont les parcelles très-divisées sont soumises, vers la fin du nettoyage, à l'action d'un fort courant d'eau.

Dans la cuve, se trouve au fond presque tout le mercure tenant en dissolution les amalgames; au-dessus du mercure reste une certaine quantité de boues, on fait couler le mercure par le robinet inférieur que l'on ferme avant l'arrivée des boues. La petite quantité de mercure restant dans la cuve se réunit au produit semblable de l'opération suivante.

Le mercure a été reçu dans des vases dont la forme a peu d'importance, mais dont le volume répond à la facilité du transport. On sèche et on nettoie la surface du métal qui est prêt pour la distillation.

Dans les débourbeurs, le travail est asse long. La charge traitée sous les meules doit être divisée également entre les deux cylindres: pour 100 p. de mercure déjà em-

ployé à l'amalgamation, on ajoute de 10 à 12 p. de mercure neuf dans chacun des débourbeurs; on met les bras en mouvement avant l'arrivée des boues et on maintient la rotation avec une vitesse convenable.

Au bout d'une heure, on enlève le tampon du trou supérieur et laisse écouler les boues légères aux canaux et de là aux bassins de dépôt.

On remet le tampon, remplit le débourbeur avec de l'eau claire et accélère un peu le mouvement de rotation. Une heure après, on fait couler le liquide boueux en enlevant le tampon du second trou, etc...

En continuant à procéder de la sorte, on arrive à faire sortir presque toutes les boues et à ne laisser à la surface du mercure qu'une couche très-peu épaisse des boues les plus lourdes.

Au bout d'un certain temps, un mois par exemple, on fait écouler le mercure qui s'est accumulé dans le cylindre et on le transporte alors à la distillation.

Dans les canaux, le travail consiste à favoriser l'entraînement par l'eau des matières fines qui s'y déposent; on agite très-légèrement la surface avec un balai à brins fins.

Les parties denses se réunissent dans les ressauts, on peut achever de les traiter de deux manières :

Ou bien on ajoute du mercure liquide et on le laisse longtemps en contact avec ces matières lourdes;

Ou bien on retire ces matières, on les fait sécher et par compression avec du mercure, on obtient assez bien les amalgames.

Les bassins de dépôt doivent avoir une surface de 100 mètres quarrés et une profondeur de $1^m.50$; il faut au moins deux bassins semblables travaillant alternativement. La vidange se fait à la pelle, et l'ouvrier jette les matières le long des bords des bassins : une certaine quantité de mercure se trouve mise en évidence : le mercure visible dans le bassin est facilement recueilli; celui qui se trouve

dans les boues déjà extraites s'écoule dans des rigoles disposées à cet effet.

Les boues, ou *tailings*, ne doivent être définitivement jetées qu'après essai; les matières sont hétérogènes et il importe de ne repasser à l'amalgamation que les parties qui ont une teneur assez élevée; il est donc nécessaire de multiplier les prises d'essai et les essais.

SIXIÈME OPÉRATION.

Compression du mercure.

La compression du mercure peut être faite absolument comme dans toute autre méthode d'amalgamation Je me bornerai à indiquer le procédé suivi en Amérique et à rappeler celui qui était en usage à Huelgoet.

En Amérique on emploie de très-longs sacs en toile suspendus au-dessus de cuvettes destinées à recevoir le mercure qui traverse la toile. La compression est donc très-faible et ne se produit que par le poids des matières elles-mêmes. L'amalgame retenu dans le sac est encore liquide : cependant le mercure écoulé entraîne toujours un peu d'amalgame.

A Huelgoet, le mercure était placé dans un cylindre en fonte, percé à sa base inférieure d'une ouverture conique : celle-ci était fermée par une rondelle de bois. A l'aide d'une presse hydraulique on arrivait à faire traverser les pores du bois par le mercure, tandis que l'amalgame restait dans le cylindre. Dans l'application le mercure pouvait encore entraîner un peu d'amalgame; les rondelles de bois sont rarement saines et présentent souvent des fentes qui, même très-petites et presque invisibles, peuvent, sous l'influence de la pression considérable exercée ici, laisser passer un peu d'amalgame en même temps que le mercure.

L'amalgame entraîné n'est pas perdu; il reste en roule-

ment dans les opérations ultérieures, mais j'ai prouvé par des expériences de laboratoire que le mercure contenant une certaine quantité d'amalgame ne se comporte pas dans l'amalgamation aussi bien que le mercure parfaitement pur.

Il serait donc préférable de renoncer à la compression et de distiller directement tout le mercure aurifère et argentifère.

SEPTIÈME OPÉRATION.

Distillation.

La distillation du mercure se fait comme dans les autres usines existantes. On emploie des cornues en fonte, avec un tuyau recourbé qui débouche à une faible distance au-dessus d'un récipient contenant de l'eau.

Il est important de chauffer doucement pour que le mercure n'entraîne pas d'or ni d'argent, et de maintenir le rouge sombre de façon à expulser tout le mercure, mais de ne pas le dépasser, car on prévient par ces soins la fusion des métaux précieux et leur adhérence aux parois de la cornue.

HUITIÈME OPÉRATION.

Fonte.

Les métaux précieux retirés de la cornue doivent être fondus dans des creusets de plombagine, puis coulés dans des lingotières.

Les lingots peuvent alors être soumis aux essais qui déterminent leur teneur réelle en or et en argent, c'est-à-dire leur valeur commerciale.

SOMMAIRE.

	Pages
Introduction	1
I. — Filons aurifères : 1° Filons quartzeux, aurifères	3
2° Filons quartzeux et pyriteux, aurifères	3
II. — Filons argentifères	5
Procédés d'amalgamation : 1° Patio	6
2° Amalgamation à chaud	7
3° Amalgamation directe par les pans	7
4° Amalgamation par le sel	8
CHAPITRE PREMIER	13
§ I. — Expériences de laboratoire	13
Expériences de M. Regnault	13
Expériences de M. Cumenge	14
1° Traitement pour cuivre	14
2° Traitement pour argent	16
Expériences de laboratoire	18
PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITE PAR LA VAPEUR D'EAU NON SURCHAUFFÉE.	
Sulfures simples naturels et artificiels	19
— Pyrites, blende, galène, antimoine sulfuré, argent sulfuré, argent chloruré, minerais très-quartzeux, minerais à gangue calcaire.	
— Sulfure de zinc, sulfure de plomb, sulfure d'étain, sulfures d'arsenic et d'antimoine, chlorure d'argent.	
Sulfures complexes : Cuivre gris, pyrite arsenicale, sulfure d'antimoine avec blende	28
Observations et résumé	29
SECONDE SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITE PAR LA VAPEUR D'EAU SURCHAUFFÉE.	
Pyrite de fer, blende, sulfure d'antimoine avec blende, cuivre gris	31
Conclusions	35

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITES PAR LA VAPEUR D'EAU SURCHAUFFÉE ET AVEC ADDITION D'OXYDE DE FER OU DE PYRITE GRILLÉE.

Pages.

Pyrite de fer (pyrite en trop faible proportion ou mal grillée), (pyrite bien grillée en trop forte proportion), pyrites arsenicales, blende, sulfure d'antimoine avec blende, cuivre gris 36
Résumé et formule de traitement 48

§ II. — EXPÉRIENCES EN GRAND 51

PREMIÈRE SÉRIE D'ESSAIS.

Essais faits en Californie, mais dans de mauvaises conditions; causes d'insuccès 52

SECONDE SÉRIE D'ESSAIS.

Essais faits en Californie dans de meilleures conditions 56
Conclusions 58

CHAPITRE II. — Procédé de traitement au laboratoire 60

1° *Mélange du minerai avec la pyrite grillée* 60
2° *Traitement par la vapeur surchauffée* 61
3° *Amalgamation* : I. Amalgamation ; II. Réunion de l'amalgame dans le mercure liquide ; III. Séparation du mercure d'avec les boues . . . 65
4° *Opérations complémentaires* 68

Observations sur l'amalgamation 71

Influence des huiles, de la chaux, des métaux.

CHAPITRE III. — Méthode métallurgique et appareils 78

1° Grillage des pyrites à l'air libre 79
Four à réverbère pour ce grillage.
2° Pulvérisation et mélange des pyrites grillées avec les minerais 82
3° Grillage par la vapeur d'eau surchauffée 82
Four de grillage à rotation.
4° Amalgamation 89
Meules verticales pour l'amalgamation.
5° Séparation du mercure d'avec les boues 96
6° Compression du mercure 99
7° Distillation 100
8° Fonte des métaux précieux 100

LÉGENDE.

PLANCHE .

Fig. 1, appareil pour le grillage à la vapeur surchauffée. A, chaudière en cuivre; *a*, niveau d'eau; *a'*, trou pour le remplissage; *n*, tuyau en plomb; B, tube en fer pour le surchauffage; *m*, manchon en laiton; C, tube en terre réfractaire; D, allonge.

Fig. 2, nacelle.

Fig. 3, 4 et 5, meules d'amalgamation; *fig.* 3, élévation donnant l'ensemble du mécanisme; *fig.* 4, une coupe horizontale suivant la ligne XY de la *fig.* 3; *fig.* 5, une coupe de l'auge et vue par bout d'une meule. BB, bras soutenant les étriers extérieurs AA; D, renflement de l'axe vertical portant les étriers intérieurs; *gg*, couteaux des meules; *cc* et *c'c'*, couteaux de l'auge; *r*, râteau.

PLANCHE II.

Fig. 1 et 2, four à réverbère pour le grillage des pyrites à l'air; *fig.* 1, coupe verticale suivant la ligne 1-2 de la *fig.* 2; *fig.* 2, coupe horizontale suivant 3-4 de la *fig.* 1, c'est-à-dire un peu au-dessous du pont,

Fig. 3 à 8, détails du four de grillage à rotation: *fig.* 3, base E, côté de l'avant, c'est-à-dire de l'entrée de la vapeur et des portes P'P', pour le chargement et le déchargement; *fig.* 4, coupe de l'extrémité du cylindre de la disposition pour l'entrée de la vapeur; *fig.* 5, coupe transversale du cylindre faite en avant d'une paire de galets; *fig.* 6, projection de l'extrémité E', côté de l'arrière, c'est-à-dire de la cheminée; *fig.* 7, vue du bout de l'appendice cylindrique; *fig.* 8, assemblage des deux moitiés du cylindre, avec poulie à gorge *m*.

PLANCHE III.

Détails du mécanisme, de la prise de vapeur et des armatures.

Mécanisme. Fig. 1, 2 et 3, paliers sur arceaux soutenant l'arbre moteur aux extrémités du four; *fig.* 36 et 37, palier logé dans le bâti de la cheminée; *fig.* 16, 17, 18, galets en fer; *fig.* 19, 20 et 21, paliers portant les galets; *fig.* 13, 14, 15, plaques sur lesquelles posent les paliers; *fig.* 38, 39, plaques protégeant latéralement les paliers contre l'action des flammes; *fig.* 40, 41 et 42, 43, plaques de protection posées dans le sens de l'axe du cylindre.

(*Nota :* les *fig.* 18, 20, 14, 42, 43, se rapportent aux galets du milieu qui sont épais que ceux des extrémités.)

Prise de vapeur. *Fig.* 50, 51, cadre en fonte pour le passage des trois tuyaux de vapeur; *fig.* 22, 23, bâtis portant le tuyau V″ et la boîte A pour l'entrée de la vapeur dans la partie mobile de l'appareil.

Armatures. *Fig.* 28, 29, 30 et 31, plaques de garde tenant les maçonneries à chaque extrémité du four; *fig.* 44, 45, 46, 47, 48, 49, plaques maintenant l'ouverture longitudinale au-dessus du cylindre; *fig.* 32, 33, 34 et 35, plaques posées verticalement et tenant les pieds-droits à l'arrière des galets (la *fig.* 32 représente les plaques du milieu); *fig.* 26, 27, armatures extérieures; *fig.* 4, 5, 6, 7 et 8, porte du foyer; *fig.* 9, 10, 11 et 12, porte du cendrier; *fig.* 24 et 25, cadre avec entrée cylindrique pour l'accès dans la cheminée des produits volatils sortant du cylindre.

PLANCHE IV.

Fig. 1. Coupe horizontale du four suivant la ligne 3-4-5-6 de la *fig.* 2 : le cylindre est représenté en projection horizontale; *fig.* 2, coupe verticale suivant la ligne 1-2 de la *fig.* 1; *fig.* 3, coupe transversale suivant la ligne 7-8 de la *fig.* 1; *fig.* 4, élévation du côté de la prise de vapeur.

PLANCHE V.

Meules verticales tournantes pour l'amalgamation.

Fig. 1, coupe verticale montrant la disposition d'ensemble; *fig.* 2, 3 et 4, couteaux : la *fig.* 4 est une élévation des couteaux prise d'arrière, la *fig.* 2 est une projection verticale du couteau qui frotte sur le rebord de l'auge, la *fig.* 3 est une projection semblable du couteau le plus voisin du centre de rotation; *fig.* 5, 6, 7 et 8, râteaux : la *fig.* 5 est une élévation d'un râteau prise d'arrière, les *fig.* 6, 7 et 8 sont les armatures respectives α, β, γ déterminant l'obliquité de la direction du râteau sur celle des rayons de l'auge (voir *fig.* 1, Pl. VI); *fig.* 9 et 10, disposition d'un moyeu de meule et du bout de bras faisant essieu.

PLANCHE VI.

Fig. 1, projection horizontale de l'ensemble; *fig.* 2 et 3, mode d'assemblage des bras dans la boîte en fonte H; *fig.* 4 et 5, boîte G recevant les petits bras *a*, *b*, *c*, *d* qui amènent les râteaux et les couteaux; *fig.* 6, 7 et 8, détails d'une dent de râteau.

EXTRAIT DES TRAVAUX

EXÉCUTÉS AU LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL DE CHIMIE DE MÉZIÈRES (ANNÉES 1867 ET 1868).

Par M. E. NIVOIT, ingénieur des mines, et M. LÉTRANGE, ingénieur civil.

Analyses.

§ I. SUBSTANCES UTILES A L'AGRICULTURE.

1° *Nodules de chaux phosphatée.* — Les nodules de chaux phosphatée des sables verts, dont l'agriculture fait un si grand emploi depuis quelques années, sont exploités très-activement dans le département des Ardennes. On n'évalue pas à moins de 12 millions de kilogrammes la quantité extraite annuellement dans les cantons de Grandpré, Tourteron et Novion-Porcien.

Ces matières, improprement appelées *coprolithes*, ne sont autre chose que des concrétions de formation postérieure à celle du terrain qui les renferme et résultant de l'agglomération de diverses parties de ce terrain par un ciment phosphaté. On y trouve en effet des sables verts, des coquillages, des grains de quartz, de glauconie et d'oxyde de fer.

Pour déterminer la composition des nodules, quelques personnes emploient une méthode très-simple qui consiste à attaquer la matière par un acide très-étendu, de manière à laisser insoluble la majeure partie de l'argile et de la silice, à ajouter de l'ammoniaque dans le liquide filtré et à considérer comme phosphate de chaux tout le précipité obtenu. Cette méthode a l'avantage d'être très-rapide, mais elle est loin d'être exacte, car elle fait compter comme phosphate l'oxyde de fer, l'alumine et la silice en dissolution dans l'acide; de plus, le précipité renferme toujours un peu de carbonate de chaux. Pour un essai commercial, on pourrait bien négliger l'erreur résultant de la présence de l'alumine, de la silice et

du carbonate de chaux, qui ne sont jamais qu'en assez faible proportion dans le précipité. Il n'en est pas de même de l'oxyde de fer, que certains nodules renferment en très-forte proportion.

Il n'y a qu'un procédé exact, c'est celui qui consiste à doser directement l'acide phosphorique. On ne sait pas au juste dans quel état de combinaison se trouve cet acide; mais il est hors de doute qu'il y en a une partie combinée au fer et à l'alumine.

Nous avons dosé l'acide phosphorique de deux manières différentes : tantôt en suivant la méthode indiquée par Rivot (*Traité de docimasie*, tome II, page 252), tantôt en suivant la méthode de Frésénius (*Traité d'analyse quantitative*, traduit par Forthomme, page 880).

Dans le premier procédé, on attaque par l'acide nitrique la matière pulvérisée, on évapore à sec, on calcine légèrement et on reprend par l'acide. On verse dans la liqueur filtrée un faible excès d'acide sulfurique, on évapore jusqu'à consistance sirupeuse, après quoi on ajoute du sulfate d'ammoniaque, puis de l'alcool; on précipite ainsi la chaux, le fer et l'alumine. La liqueur contient l'acide phosphorique, et quelquefois du sulfate de fer, quand l'oxyde de fer est en grande quantité dans les nodules; on sépare alors ce dernier par le sulfhydrate d'ammoniaque. Quant à l'acide phosphorique, on le dose à l'état de phosphate de magnésie.

Quand on veut suivre la méthode de Frésénius, on attaque la matière par l'acide chlorhydrique, et, dans la liqueur filtrée, on ajoute un grand excès d'acétate de soude, puis on verse goutte à goutte du perchlorure de fer jusqu'à ce que cette liqueur se colore en rouge. En faisant bouillir pendant quelques instants, on forme un précipité rougeâtre de phosphate de fer et la liqueur se décolore complétement. Comme la composition de ce précipité n'est pas constante, il faut le redissoudre dans l'acide chlorhydrique et précipiter l'acide phosphorique par le sulfate de magnésie, après avoir ajouté à la liqueur de l'acide tartrique pour retenir l'oxyde de fer.

Le premier procédé est encore le plus commode et le plus précis; il ne présente qu'un côté délicat : c'est dans l'addition de l'acide sulfurique. Si l'on n'en verse pas assez, la précipitation n'est pas complète; si l'on en verse trop, on fait passer dans la liqueur du sulfate de chaux. Mais avec un peu d'habitude on surmonte aisément cette difficulté. Aussi c'est cette méthode à laquelle nous avons donné la préférence.

L'analyse doit toujours être faite sur les nodules réduits en poudre fine entre des meules; car, comme la composition varie d'un

nodule à l'autre, ce n'est que de cette manière qu'on peut avoir une prise d'essai convenable.

Voici quelle est la composition de plusieurs échantillons de nodules de diverses provenances :

	1	2	3	4
Eau hygrométrique	3,57	4,70	5,00	7,50
Argile et sable	41,53	47,85	43,75	33,75
Oxyde de fer	2,57	2,59	2,66	2,76
Chaux	26,80	23,04	26,83	30,26
Acide carbonique	7,73	2,40	3,30	3,90
Acide phosphorique	17,80	19,42	18,47	21,84
	100,00	100,00	100,00	100,00
Phosphate de chaux tribasique correspondant	38,50	42,69	40,60	48,00

1. . . . . Nodules de Novien-Porcien.
2, 3. . . . Nodules de Saulces-Monclin.
4. . . . . Nodules d'Auboncourt.

Sur d'autres échantillons, on s'est contenté de doser l'acide phosphorique.

	5	6	7	8	9	10
Eau hygrométrique	4,38	4,49	7,20	2,25	2,00	2,50
Argile et sable	26,00	30,10	39,00	25,00	20,00	27,00
Acide phosphorique	18,80	18,10	17,05	12,68	15,13	18,16
Correspondant à phosphate de chaux	41,20	40,00	37,67	27,65	32,98	39,22

5. Nodules de Grandpré.
6. Nodules de la ferme des Grèves.
7. Nodules de Sommerance.
8. Nodules d'Apremont.
9. Nodules de Varennes.
10. Nodules de Rémonville.

La teneur moyenne des nodules des sables verts en acide phosphorique est de 18 p. 100; cette proportion descend très-rarement au-dessous de 13 et ne dépasse pas 22.

Depuis peu de temps, on exploite une couche de nodules à la base de la *gaize* (grès vert supérieur) de l'arrondissement de Vouziers, dans la partie où cette formation est argileuse et pyriteuse. Les nodules de la gaize se distinguent principalement de ceux des sables verts en ce que leur surface est moins mamelonnée et beaucoup plus lisse; ils sont aussi plus riches en acide phosphorique. Ils paraissent d'ailleurs avoir la même origine; car nous avons remarqué des fragments de gaize empâtés dans quelques échantillons.

Voici quelle est la composition d'un échantillon provenant des environs de Grandpré :

Eau hygrométrique	1,30
Argile et sable	13,50
Oxyde de fer et alumine	7,50
Chaux	38,50
Acide carbonique	7,20
Acide sulfurique	1,00
Acide phosphorique	31,00
	100,00
Phosphate de chaux correspondant	67,68

Sur deux autres échantillons provenant tous deux d'Apremont, nous avons trouvé :

Acide phosphorique	24,25	19,62
Phosphate de chaux correspondant	52,54	42,51

On voit que la teneur peut descendre quelquefois jusqu'à 19 p. 100; mais c'est là une exception.

Enfin, dans les sables verts supérieurs à la gaize qui se trouvent au-dessous des marnes crayeuses, il existe une couche de nodules que l'on a exploitée à Sainte-Marie, près Vouziers. Cette couche est moins régulière que les autres; les nodules sont plus noirs, plus ferrugineux et se délitent très-facilement quand ils ont été exposés pendant quelque temps à l'air.

Voici quelle est la composition d'un échantillon de nodules de Sainte-Marie :

Eau hygrométrique	2,50
Eau combinée et matières organiques	7,20
Argile et sable	26,30
Oxyde de fer	12,15
Chaux	27,35
Magnésie	traces.
Acide carbonique	6,50
Acide phosphorique	18,00
	100,00
Phosphate de chaux correspondant	39,56

2° *Argiles marneuses du lias.* — Dans la partie supérieure du lias des Ardennes, il existe une couche puissante d'argile marneuse, pyriteuse et gypseuse, que l'on exploite dans un grand nombre de localités pour l'amendement des terres.

Nous avons déterminé la composition de quatre échantillons de cette matière, qui ont été pris à différents niveaux dans une marnière ouverte sur le territoire de Prix, près Mézières, et appartenant à M. Millart, avocat à Charleville.

	1	2	3	4
Perte à la calcination (eau, matières organiques et acide carbonique)	10,25	6,75	8,00	8,75
Argile	40,30	23,30	35,15	49,10
Sable quartzeux	37,30	62,00	48,00	34,00
Oxyde de fer	3,75	4,25	4,75	4,75
Chaux	5,25	1,15	2,00	2,25
Magnésie	0,50	0,60	0,60	0,50
Pyrite de fer	1,90	1,70	0,90	0,20
Acide sulfurique	0,70	0,15	0,20	0,20
Perte	0,05	0,10	0,40	0,25
	100,00	100,00	100,00	100,00

Le n° 1 provient de la partie inférieure de la marnière; le n° 4 de la partie supérieure. Ces analyses sembleraient indiquer que les pyrites et les sulfates sont plus abondants à la base de la formation marneuse que dans la région supérieure.

Ces marnes produisent de bons effets sur les terres trop calcaires ou trop sableuses des environs. Elles doivent surtout agir mécaniquement; car elles ne contiennent que des proportions assez faibles de pyrites et de sulfates. Dans d'autres localités du département des Ardennes, la même formation donne des argiles bien plus riches.

3° *Engrais du progrès.* — Deux échantillons d'un engrais, qualifié *Engrais du progrès*, ont été envoyés à deux reprises au laboratoire de Mézières, par M. Oudin, cultivateur à Villers-devant-le-Thour, pour que nous en vérifiions la composition. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	1	2
Eau hygrométrique	11,00	14,60
Matières organiques	48,50	47,65
Sable	7,00	6,10
Chaux	10,50	9,20
Magnésie	0,20	traces.
Oxyde de fer	6,36	6,00
Chlore	0,67	traces.
Acide sulfurique	4,80	4,15
Acide carbonique	1,86	2,00
Acide phosphorique	9,11	10,30
	100,00	100,00
Azote des sels ammoniacaux fixes	0,21	1,23
Azote organique	6,23	6,55
Azote total	6,44	7,78

Nous avons dosé l'azote total en décomposant la matière par la

chaux sodée dans un tube à combustion, et l'azote des sels ammoniacaux à l'aide de l'appareil de Schlœsing.

La composition correspond entièrement au dosage indiqué par le vendeur, M. Wel.

L'échantillon n° 2 contient beaucoup plus d'azote à l'état d'ammoniaque que le n° 1; cela tient à ce qu'il est dans un état de décomposition plus avancé.

Cet engrais présente un aspect assez hétérogène; on y distingue facilement des débris de substances végétales et animales de diverse nature, et surtout des poils, des fragments d'os non encore désagrégés, etc. L'assimilation doit en être lente, si l'on en juge d'après cette composition physique et d'après les observations de M. Oudin, qui n'a obtenu qu'une faible augmentation de produits sur les terres fumées avec l'engrais du progrès, la première année de son emploi.

§ 2. SUBSTANCES DIVERSES.

1° *Calcaire hydraulique de Warcq.* — Le calcaire à gryphées arquées des environs de Charleville fournit généralement d'excellents matériaux pour la fabrication de la chaux hydraulique. Mais tous les bancs ne conviennent pas également, et il faut choisir avec soin les calcaires qui doivent être soumis à la calcination si l'on veut obtenir de bons produits.

Voici quelle est la composition de deux échantillons provenant de la carrière de Warcq, et qui nous ont été remis par M. Perrin, fabricant de chaux :

	1		2	
Eau hygrométrique.		1,73		1,50
Eau combinée et matière bitumineuse.		2,30		1,10
Sable en gros grains.	1,60	13,16	16,31	30,34
Sable fin.	8,16		8,37	
Silice soluble dans la potasse.	3,40		5,66	
Alumine.		8,10		4,03
Oxyde de fer.		3,46		2,70
Carbonate de chaux.		71,25		60,33
Carbonate de magnésie.		traces.		traces.
		100,00		100,00

L'analyse a été faite d'après la méthode indiquée par Rivot dans son *Traité de docimasie* (tome II, page 660).

L'échantillon n° 1 est un calcaire gris-bleuâtre mat, dur, à grain fin, à cassure lisse, d'apparence bien homogène. Il doit contenir

de l'alumine à l'état d'hydrate, car la silice n'est pas en quantité suffisante pour former de l'argile avec cette base. Ce calcaire donne par la cuisson une chaux éminemment hydraulique.

L'échantillon n° 2 ne diffère du premier qu'en ce qu'il a le grain moins fin; il ressemble assez à un grès, il est aussi plus dur. La proportion de gros sable y est très-forte; aussi il ne donne, par la calcination, qu'une chaux de qualité médiocre, difficile à employer.

Il faut, autant que possible, ne soumettre à la calcination que des calcaires à grain fin.

2° *Minerais de fer de Revin et de Fleigneux.*— Le terrain revinien de l'Ardenne est traversé par des fissures verticales ou fortement inclinées, dirigées le plus souvent dans le sens de la stratification, dans lesquelles se trouve du minerai de fer. Le même minerai remplit aussi des espèces de poches ou de cavités dont le grand axe a à peu près la même direction que les couches de schiste.

Il est évident que ce minerai est de formation postérieure à celle du schiste, et il a sans doute été amené par des sources minérales jaillissantes qui ont formé des dépôts dans les fissures du terrain et ont même imprégné les schistes d'oxyde de fer. On observe toujours au milieu de ces minerais des fragments de schiste ou de quartzite arrachés aux roches encaissantes. Ces fragments sont quelquefois même tellement nombreux, qu'en certains points ils forment une espèce de brèche à ciment ferrugineux, stratifiés par lits à peu près horizontaux (Deville, Saint-Menges, etc.).

A peu de distance de Revin, à gauche de la route qui conduit aux forges de Saint-Nicolas, on exploite un gisement important de minerai de fer de cette formation. Sur quelques échantillons provenant de la partie supérieure de la minière, nous avons remarqué des parties mamelonnées luisantes, de petits filaments ferrugineux très-délicats enchevêtrés les uns dans les autres comme de la mousse; quelques fragments sont très-celluleux, très-cariés et ressemblent assez à l'éponge. Tout cela tendrait à confirmer l'explication que nous donnions plus haut du mode de formation de ces minerais.

Un échantillon représentant la richesse moyenne des minerais de Revin nous a donné, à l'analyse, les résultats suivants :

Eau hygrométrique	2,75
Eau combinée	6,10
Silice	39,61
Pyrite de fer	0,07
Sulfate de fer et d'alumine	0,73
Alumine	6,80
Peroxyde de fer	43,85
Chaux	faibles traces.
Acide phosphorique	traces.
	99,91

Le peroxyde de fer correspond à 30,73 de fer métallique.

Nous avons recherché l'arsenic par l'appareil de Marsh; nous n'en avons pas constaté de traces.

Sur deux échantillons destinés à la fusion, nous avons simplement dosé le fer par le procédé Marguerite. Ces deux échantillons, qui paraissent représenter assez bien les limites extrêmes de richesse des minerais de Revin, nous ont donné respectivement 20,56 et 47,55 p. 100 de fer. Le premier contient de nombreux fragments schisteux; dans le second, il n'y a pas de gangue apparente.

On voit par cette analyse que le minerai de Revin est de qualité moyenne; il donne des fers métis. Mais il n'est pas très-riche et il est assez difficile à fondre; aussi on ne peut le faire entrer qu'en petite proportion dans les lits de fusion.

Le sulfate de fer et d'alumine qui a été constaté dans ce minerai provient des efflorescences salines qui se forment à la surface des schistes reviniens par la décomposition des pyrites qu'ils contiennent.

L'exploitation des minerais de Revin prend un très-grand développement. L'année dernière la production a atteint le chiffre de 20.000 mètres cubes, dont une partie a été fondue dans les hauts-fourneaux de Vireux et le reste expédié en Belgique. Le prix de revient est d'environ 5f,50 par mètre cube. On vient de découvrir dans les bois des Marquisades (Revin) un nouveau gîte qui paraît avoir une grande étendue.

Dans les bois de Fleigneux, il y a un gisement analogue à celui de Revin, inexploité actuellement. Les échantillons choisis présentent une très-grande richesse; ils paraissent formés d'hématite brune; ils sont très-durs et très-compactes. Nous donnons ci-dessous la composition de ce minerai qui a été essayé à l'usine de Neufmanil pour la fabrication de la fonte malléable; on a dû renoncer à l'employer pour revenir au minerai d'Huy (Belgique), parce qu'il est réfractaire et en outre d'un prix trop élevé.

Eau libre et combinée	5,69	
Silice	12,00	
Pyrite de fer	0,27	
Alumine	0,53	
Peroxyde de fer	79,43	correspondant à 55,08 de fer.
Carbonate de chaux	1,78	
Carbonate de magnésie	0,30	
	100,00	

On n'a constaté ni acide phosphorique, ni manganèse.

3° *Cadmies de haut-fourneau.* — Les minerais des sables verts de l'arrondissement de Vouziers et les minerais liasiques de la Meuse contiennent tous des traces appréciables de zinc et de plomb. Aussi il se forme des cadmies aux gueulards des hauts-fourneaux dans lesquels on les traite.

Nous avons analysé une cadmie provenant des hauts-fourneaux de Stenay (Meuse) d'après la méthode donnée par Rivot dans son *Traité de docimasie* (tome III, page 571).

Oxyde de zinc	89,10
Oxyde de plomb	5,91
Oxyde de fer et alumine	1,90
Chaux	0,97
Acide sulfurique	0,13
Silice	0,56
	98,57

Cette matière ne se forme pas en assez grande quantité pour donner lieu à une application industrielle.

4° *Bronze de cloche.* — Sur la demande du conseil municipal de Mézières nous avons fait l'analyse de l'ancienne cloche de cette ville, pour déterminer la valeur de l'alliage.

Nous avons pris trois échantillons : le n° 1, à la partie supérieure de la cloche ou *calotte;* le n° 2, vers le milieu du *vase* supérieur; le n° 3, à la partie inférieure ou *pince.*

Nous avons attaqué 3 grammes par l'acide nitrique étendu qui a laissé l'étain insoluble. Ce dernier a été séparé et dosé à l'état d'oxyde d'étain.

La liqueur, additionnée d'acide sulfurique, a été évaporée à sec; le résidu a été repris par l'eau et le sulfate de plomb est resté insoluble.

Nous avons traité la liqueur bouillante par l'hyposulfite de soude qui a précipité le cuivre à l'état de sulfure. Nous avons attaqué ce sulfure par l'eau régale; le soufre a été dissous par fil-

tration, et la liqueur traitée par l'acide sulfurique. Le cuivre, précipité de la liqueur par le fer à l'état métallique, a été reçu sur un filtre, lavé, séché, calciné, et enfin pesé à l'état d'oxyde de cuivre noir. Les liqueurs de lavage, qui renfermaient encore des traces de cuivre, ont été de nouveau traitées par l'hyposulfite de soude.

Dans la liqueur provenant de la séparation du sulfure de cuivre, nous avons ajouté de l'acide nitrique et nous avons chauffé à l'ébullition pour décomposer l'hyposulfite. Après filtration, nous avons versé un excès d'ammoniaque qui a précipité des traces d'oxyde de fer. Enfin la liqueur filtrée a été traitée par l'hydrogène sulfuré qui n'a produit que quelques flocons indosables de sulfure de zinc.

Nous avons pensé que l'oxyde de fer donné par l'analyse et qui s'élève à :

0,0014 pour le n° 1;
0,0014 pour le n° 2;
0,0012 pour le n° 3;

provient du burin qui a servi à réduire le bronze en limaille. Aussi nous n'en avons pas tenu compte dans la formation du tableau de l'analyse.

Nous avons ainsi obtenu les résultats suivants :

	1	2	3	Moyenne.
Etain	21,36	20,86	20,52	20,91
Plomb	2,96	2,85	2,41	2,74
Zinc	traces	traces.	traces.	traces.
Cuivre	75,68	76,29	77,07	76,35
	100,00	100,00	100,00	100,00

La composition chimique, comme on voit, varie d'une manière notable suivant les différentes parties de la cloche. La proportion d'étain diminue de la partie supérieure à la partie inférieure; il en est de même de la proportion de plomb, tandis que, par contre, la proportion de cuivre va en augmentant.

Ce résultat n'a rien d'étonnant si l'on réfléchit que le cuivre et l'étain se combinent difficilement et que leur union n'est jamais bien intime. Dans l'opération du moulage, il s'opère un commencement de liquation et l'étain tend naturellement à se rendre dans la partie supérieure du moule en vertu de sa densité plus faible. Dans le moulage des canons, on a observé un fait analogue et l'on a reconnu que la proportion d'étain diminue de la culasse à la

partie supérieure de la masselotte (Regnault, *Traité de chimie élémentaire*, tome III, page 311).

Le plomb se comporte de la même manière que l'étain ; mais ici on ne peut plus invoquer la différence de densité, le plomb étant beaucoup plus dense que le cuivre. Il est probable que ce métal est entraîné par l'étain pour lequel il a une grande affinité et avec lequel il s'allie facilement.

Notre analyse donne encore lieu à une observation importante. C'est que, contrairement à ce que croient plusieurs personnes, le plomb n'a pas toujours la propriété d'assourdir le son. La cloche de Mézières avait en effet un fort beau timbre, et comme du reste toutes les anciennes cloches, elle contenait une proportion notable de plomb.

5° *Cuivre raffiné du Chili.* — Deux échantillons de cuivre raffiné du Chili qui ont été remis au laboratoire de Mézières par M. Perrin, fondeur de cloches à Mohon, ont été analysés d'après le procédé que nous venons de décrire. Nous ajouterons que, pour doser l'argent, nous avons attaqué 3 grammes de matière par l'acide nitrique, et, dans la dissolution, nous avons précipité le métal par l'acide chlorhydrique.

Voici quels sont les résultats de l'analyse :

	1	2
Cuivre	99,721	99,742
Plomb	0,204	0,132
Argent	0,030	0,016
Fer	0,045	0,110
	100,000	100,000

6° *Bronze de coussinet.* — Un échantillon de bronze, envoyé par M. Viellard-Migeon, de Morvillars (Haut-Rhin), a présenté à l'analyse la composition suivante :

Etain	21,770
Plomb	2,535
Fer	0,262
Zinc	5,879
Cuivre (par différence)	69,554
Arsenic	traces.
	100,000

Ce bronze convient parfaitement pour toutes les circonstances dans lesquelles on a besoin d'un métal de dureté moyenne. On

l'emploie pour la fabrication des coussinets destinés à servir seulement de supports intermédiaires à des arbres tournant très-vite et à s'opposer à la flexion de ces arbres. Si le métal était trop mou, il s'userait rapidement; si au contraire il était trop dur, il userait le fer et s'écaillerait par morceaux. Le zinc donne du corps à l'alliage.

MÉMOIRE

SUR LES PRINCIPAUX CHAMPS DE FILONS DE LA SAXE ET DE LA BOHÊME SEPTENTRIONALE.

Par MM. MICHEL LÉVY et CHOULETTE, ingénieurs des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

Section I. — Aperçu général des phénomènes de soulèvement dont ces contrées ont été le théâtre.

Les terrains stratifiés qui composent la Saxe sont, à l'ouest la granulite, au centre le gneiss gris et son manteau de schistes micacés et argileux, à l'est les terrains crétacés de la vallée de l'Elbe. La formation miocène à lignites de la Bohême septentrionale vient, au sud, se heurter au pied escarpé de l'Erzgebirge; le versant nord de cette chaîne de montagnes forme au contraire de vastes plaines doucement ondulées que limitent, d'une part, les escarpements de a granulite; de l'autre, les hauteurs granitiques et porphyriques qui bordent la vallée de l'Elbe.

Ces deux soulèvements latéraux sont jalonnés par une série de petits bassins où les terrains relativement récents, grauwackes siluriennes et dévoniennes, terrains houillers, rothliegendes, se présentent régulièrement stratifiés, et servent de support à quelques lambeaux de zechstein et de grès bigarré.

Les roches éruptives les plus diverses ont sillonné de filons et de dykes d'injection les formations que nous venons d'énumérer : granites, gneiss rouge éruptif, gabbros, dio-

rites et kersantons, porphyres de tous genres, depuis le porphyre granitoïde jusqu'au pechstein et aux argilophyres trachytiques, basaltes, phonolites, sources thermales, telles sont les productions de l'ordre igné qui accompagnent et expliquent les phénomènes variés et les nombreux remplissages que présentent les filons métallifères de la Saxe.

Nous nous proposons, comme but, de rechercher l'âge géologique de ces éruptions et de ces remplissages, ainsi que les relations qui existent entre cet âge et les directions qui les caractérisent.

CHAPITRE I. — DES TERRAINS STRATIFIÉS.

§ 1. *De la granulite.* — Elle se compose d'un mélange d'orthose grenu, de mica brun, de quartz lamelleux; le feldspath domine et donne à la roche un aspect cireux caractéristique. On y trouve, par place, des lambeaux de gneiss qui lui paraissent superposés (Auerswald) (*), et des traînées d'un granite à petits grains euritiques qui affectent souvent la direction N. 50° E. (**).

La schistosité paraît, en général, parallèle à la stratification qui, par places, n'est pas douteuse; leur direction commune oscille entre N. 30° à 40° E., ou N. 120° à 148° E. La granulite ainsi plissée et recouverte de micaschistes et de schistes argileux, en discordance de stratification avec elle (Hartha), a été postérieurement soulevée, et déchirant son manteau de schistes, elle a reparu sous la forme d'une ellipse allongée, dont le grand axe serait environ dirigé N. 50° E. (***).

(*) De Bonald. *Journal des mines*, nos 226, 227 et 228. (1816).

(**) Les directions seront toujours comptées dans les deux premiers quadrants N.-E., E.-S., à partir du N. vrai et dans le sens direct.

(***) Naumann et Cotta. *Explication de la carte géologique de la Saxe.*

Les schistes, régulièrement soulevés, plongent partout vers la partie extérieure de cette ellipse ; ils sont d'ailleurs parallèles à ses bords déchiquetés en tronçons rectilignes, dont les directions sont toujours l'une des trois suivantes :

N. 36° à 44° E. (Hainichen, Roehlitz).
N. 63° E. . . . (Geringswalda à Hartha).
N. 90° E. . . . (Hartha à Dobeln).

§ 2. *Du gneiss gris* (*). — Le gneiss normal de la Saxe est une roche de couleur grise nettement feuilletée, présentant en général des indices non équivoques de stratification, et qui ne se distingue des micaschistes, auxquels il passe souvent, que par une certaine abondance de feldspath. Il se compose :

a) D'un quartz grenu gris blanc ;
b) D'orthose brillant blanc jaune ;
c) D'un mica noir magnésien.

L'oligoklase s'y présente rarement, rouge ou verte, à éclat mat. Les minéraux accidentels sont le mica blanc potassique, la chlorite, la tourmaline noire, l'épidote, le grenat, le rutile et les pyrites.

Le gneiss gris contient en moyenne (**) 64 à 66 p. 100 de silice ; il se présente en abondance aux environs de Freiberg, de Marienberg, d'Annaberg, etc.

On y observe, par place, des modifications minéralogiques profondes qui correspondent à un fait géologique important : il se transforme en gneiss rouge éruptif, et relativement récent.

Le gneiss gris a été primitivement plissé et disloqué par un puissant soulèvement N. 135° E., dont l'axe principal paraît avoir été voisin de la vallée actuelle de l'Elbe. Son

(*) Müller. *Berg und Hüttenmännische Zeitung* (1er juillet 1863).
(**) Scheerer.

action est encore visible aux environs de Tharandt, à l'est et au sud de Freiberg (Rammelsberg, Brand, Erbisdorf), et en une foule d'autres points.

Le gneiss, ainsi plissé, a été soulevé en masse par un système N. 52° E., dont l'axe passerait un peu à l'ouest de Freiberg, près Braunsdorff et Gross-Schirma. Contemporain du soulèvement de la granulite, ce système a violemment soulevé et orienté les schistes qui recouvraient le gneiss; ces derniers courent en effet N. 52° E. le long de sa frontière occidentale, avec un plongement de 50° N.-O.; ils ont dû former ainsi entre la granulite et le gneiss une sorte de coupe profondément creusée, et toute prête à servir de bassin aux terrains stratifiés postérieurs.

Il est à remarquer qu'à l'angle N.-O. du gneiss de Freiberg, où se rencontrent les axes des deux soulèvements plus haut cités, la transition d'influence se fait sentir assez brusquement sur le gneiss, comme si ce dernier avait été surtout plissé par la direction N. 135° E., puis soulevé en masse par le système N. 52° E.

§ 3. *Des schistes micacés et argileux.*— Les micaschistes servent presque partout de couverture au gneiss ou à la granulite; ils ne diffèrent du gneiss que par leur pauvreté relative en feldspath et leur richesse en quartz.

Les micaschistes ont subi, comme le gneiss, des actions métamorphiques postérieures à leur formation et au développement de leur schistosité. Ainsi, aux environs d'Ehrenfriedersdorf, il s'est développé dans leur pâte des noyaux de feldspath orthose, souvent très-volumineux, qui ont soulevé et même déchiré les feuillets schisteux, et donnent à la roche un aspect orbiculaire.

Sur ces micaschistes reposent en général des schistes argileux plus ou moins imprégnés de quartz (Thonschiefer); leurs couches se transforment quelquefois en schistes grünsteiniques, ou passent aux grauwackes azoïques à grains fins.

Les schistes qui servent de bordure à la granulite portent surtout les traces des deux derniers soulèvements que nous avons cités plus haut N. 50° E. sur les côtés E. et O., N. 90° E. au N., N. 95° E. au S.; il semble que le violent soulèvement à 135°, qu'a subi la granulite ait été antérieur au dépôt des schistes; le plissement à 35° paraît aussi n'avoir agi sur les schistes qu'en déviant localement le système N. 50° E. qui y prédomine. Enfin les rides très-allongées que le système N. 90° à 95° E. a tracées dans les schistes, paraissent nettement postérieures à tous les autres accidents dont nous avons fait mention.

Le long de la frontière occidentale du gneiss, les schistes sont spécialement influencés par le soulèvement à 52° (Braunsdorf, Geyer); cette ride se heurte au N. et au S., contre les plis à 92° dont nous avons déjà parlé.

Aux environs de Schneeberg les schistes se plissent dans la direction N. 135° E.; cette même direction est celle du gneiss du N.-E. (environs de Tharandt); il semble que le soulèvement N. 135° E., qui a plissé la granulite et le gneiss, soit antérieur au mouvement de même direction, qui a agi sur les schistes près de Schneeberg et de Tharandt; nous verrons plus loin que c'est à des cassures de même direction qu'il faut rapporter les grands épanchements de granite ancien, certainement postérieurs aux schistes en question; le soulèvement N. 135° E. paraît donc avoir eu des retentissements pendant une longue période de temps.

Il serait cependant antérieur aux systèmes N. 50° E. et N. 92° E.; le plissement à 135° des schistes de Schneeberg vient en effet se buter contre une troisième ride E.-O., qui influence les schistes quartzeux des environs de Joachimsthal, et agit sur le relief même de la contrée. La ligne de faîte de l'Erzgebirze s'y infléchit en effet de la façon la plus remarquable.

En résumé, nous avons constaté jusqu'à présent l'influence de quatre systèmes de soulèvement bien distincts :

1° N. 35° E. Plissements de la granulite.
2° N. 135° E. Plissements violents de la granulite, du gneiss et des schistes en certains points.
3° N. 51° E. Soulèvement en masse de la granulite et du gneiss; plissements généraux des schistes.
4° N. 92° E. Rides allongées des schistes; trois zones principales : au N. de Freiberg, à la hauteur de Zwickau, aux environs de Joachimsthal.

§ 4. *Des grauwackes.* — Elles constituent une formation peu étendue, comprenant des couches azoïques, quelques couches siluriennes (cyatophyllum cespitosum) (*), et enfin une formation dévonienne (spirifer calcaratus) (**), qui sert de support au bassin houiller de Zwickau, mais dont les affleurements ne sont connus qu'imparfaitement, et seulement aux environs de Mobendorf (couches à atripa reticularis) (***).

La grauwacke est généralement à grain fin, très-quartzeuse; on y trouve des lits calcaires intercalés, et aux étages supérieurs de vraies coulées interstratifiées de grünsteins éruptifs.

La partie inférieure de cette formation paraît en concordance avec les Thonschiefers sur lesquels elle repose; certaines couches (environs de Riechberg) sont nettement influencées par la direction N. 92° E. Enfin un violent soulèvement N. 59° E. très-localisé, et dont les terrains houillers nous permettront de déterminer l'âge, a redressé et même renversé les grauwackes supérieures.

§ 5. *Terrains houillers et rothliegendes.* — Les terrains houillers de la Saxe se sont déposés, comme nous l'avons indiqué plus haut, soit dans le dernier plissement à 135°, qui précède et longe la vallée de l'Elbe (bassin de Plauen), soit dans l'enfoncement à 51°, très-rétréci vers le N., qui

(*) Naumann et Cotta.
(**) Geinitz. *Bassins houillers de la Saxe.*
(***) Naumann et Cotta.

sépare la granulite du gneiss gris (Ebersdorf-Hainichen-Frankenberg, Flöha-Gükelsberg, Zwickau).

Ils se composent de conglomérats, grès, schistes et couches de houille que l'on peut diviser en cinq zones (*), différentes par la flore qui les caractérise :

1° *Zone des lycopodiacées*, correspondant au culm de Silésie, de Thuringe et du Nassau, et en partie au millstone-grit (?). Elle comprend en Saxe les terrains houillers d'Hainichen-Ebersdorf-Frankenberg.

2° *Zone des sigillaires*, correspondant aux houilles maigres de Westphalie, et comprenant : *a*) les couches houillères inférieures de Flöha-Gükelsberg, qui sont en certains points directement superposées aux précédentes ; *b*) la couche dite Planitzer à Zwickau ; *c*) les lambeaux anthraxifères des environs de Brandau et d'Altenberg (?).

3° *Zone des calamites*, correspondant aux principaux bassins houillers de l'Europe, couche dite Russkohl à Zwickau.

4° *Zone des annulariès*, principaux bassins houillers de l'Europe : *a*) bassin de Plauen en Saxe ; *b*) couches dites Neukohl et Schichtenkol à Zwickau ; *c*) grès supérieurs de Flöha.

5° *Zone des fougères*, couches supérieures de Zwickau.

Le rothliegendes recouvre la plus grande partie de ces bassins houillers. Ses assises sont partout horizontales dans les bassins occidentaux ; à l'est le bassin de Plauen a été légèrement plissé par un soulèvement récent N. 127° E., qui a exhaussé le massif porphyrique, dès longtemps épanché, dont fait partie l'Eichberg près Potschappel. Ce plissement, qui intéresse certainement le rothliegendes, n'empêche pas de constater une légère discordance de stratification entre les couches houillères et le rothliegendes, d'une part, entre le rothliegendes inférieur et le supérieur, de l'autre.

(*) Geinitz.

Le terrain houiller de Zwickau est à peu près horizontal dans son ensemble; il est cependant en légère discordance de stratification avec le rothliegendes qui le recouvre plus horizontalement encore.

De grandes failles N. 130° E. ont sillonné les bassins houillers de Plauen et Zwickau, intéressant à coup sûr le rothliegendes inférieur, et probablement le supérieur. Nous citerons ici : *a*) le faisceau du *rother ochs*, près Potschappel, qui, avec une direction N. 127° E. et un plongement de 45° à 70° E., rejette les couches de 100 à 150 mètres vers l'est ; *b*) celui de Zwickau qui, dirigé N. 138° E. et plongeant vers l'ouest, a rejeté les couches de plus de 500 mètres. Ce dernier faisceau se prolonge jusqu'aux environs de Schneeberg, où le *rother Kamm*, grand filon-faille à 130° (quartz ferrugineux) le continue, séparant le granite des micaschistes et produisant un rejet qui dépasse certainement 300 mètres.

Les terrains houillers d'Hainichen-Ebersdorf-Frankenberg et les couches inférieures de Flöha-Gükelsberg (zones I et II) ont été violemment pliés et relevés dans leur partie orientale par un soulèvement à 59°, qui a amené au jour le gneiss de Mobendorf, et renversé les grauwackes, que ce gneiss sépare partout des terrains houillers d'Hainichen. Les couches supérieures de Flöha reposent horizontalement sur le tout. Plusieurs raisons nous font supposer qu'il n'y a pas lieu de confondre ce soulèvement à 59° (de Hamersdorf à Hainichen) avec le grand soulèvement à 51° qui affecte la granulite et le gneiss gris :

1° On ne retrouve pas à l'ouest du gneiss de Mobendorf, dans le bassin houiller de Hainichen, la formation grauwackeuse, et réciproquement à l'est sur la formation de grauwacke, le terrain houiller. Le gneiss de Mobendorf était donc déjà formé avant le dépôt du conglomérat de fond du bassin d'Hainichen, et a, dès l'origine, séparé ce dernier des grauwackes ; ce gneiss présente souvent d'ailleurs une

schistosité orientée à 90°, et doit dater du soulèvement de même direction qui a si nettement influencé les grauwackes de Riechberg; c'est en partie (*) un gneiss rouge éruptif.

2° Or le soulèvement à 90° est plus récent que celui de la granulite auquel la grauwacke de Riechberg paraît elle-même postérieure.

3° Dans une zone aussi resserrée que celle où s'est déposé le bassin d'Hainichen, et lorsque les schistes argileux qui en forment le fond, présentent sur les bords des directions qui ne varient qu'entre 48 et 52°, on s'expliquerait mal, en admettant un seul et unique soulèvement, des écarts de direction allant à 59° et même à 90°.

4° Enfin les couches houillères d'Hainichen reposent sur un conglomérat de fond, formé de blocs volumineux de grauwackes et de grünsteins, qui attestent un mouvement violent précédant le plissement général du bassin; or l'axe du soulèvement à 90°, passant à Riechberg, expliquerait tout à la fois la production, l'âge géologique et la position de ce conglomérat de fond qui paraît n'exister qu'au nord du bassin d'Hainichen.

De ce qui précède, on peut conclure : 1° que le soulèvement N. 51° E. de la granulite et du gneiss gris a précédé le dépôt des grauwackes dévoniennes, et par suite, l'apparition du gneiss rouge de Mobendorf, qui contient des fragments de ces grauwackes et leur est postérieur (**).

2° Que l'apparition de ce gneiss rouge est à rattacher au soulèvement N. 92° E.

3° Qu'un soulèvement N. 59° E., intercalé comme âge entre la zone à sigillaires et la zone à annulariés, a poussé ce gneiss comme un coin entre les grauwackes et le terrain houiller d'Hainichen.

§ 6. *Zechstein et trias.* — Ils ne se présentent qu'en

(*) Müller. *Berg und Hüttenmännische Zeitung* (1er juillet 1863).
(**) Müller.

lambeaux isolés au S. et à l'O. de la granulite ; le zechstein se compose de lits de calcaire dolomitique. le trias s'arrête au grès bigarré. Leur intérêt consiste en ce qu'ils déterminen l'âge de quelques éruptions porphyriques et donnent un minimum pour celui de certains remplissages métallifères.

Le bassin houiller et le rothliegendes de Plauen sont traversés par des fendillettes remplies de pyrites, galène, blende brune, calcite, dolomite, barytine et gypse. Le bassin de Zwickau contient des lits de sphérosidérite dont les rognons, dans leurs fissures, présentent les mêmes minéraux. On peut assigner à leur venue un âge minimum moins reculé : ils remplissent, en effet, toutes les fentes des calcaires très disloqués qui constituent les lambeaux de zechstein, et en imprègnent souvent les couches inférieures.

§ 7. *Terrains jurassiques et crétacés.* — Les terrains crétacés se montrent en grande formation dans la vallée de l'Elbe ; ils recouvrent aussi par place, de leurs assises horizontales, les porphyres de Tharandt. On y distingue des conglomérats et des lits calcaires (pläner) alternant avec deux puissantes formations de grès (quadersandstein).

Les terrains crétacés de l'Allemagne du nord présentent de nombreux accidents N. 160° E., qui paraissent devoir se rattacher aux grands faisceaux de filons-failles de même direction (quartz ferrugineux) qui affectent les terrains anciens de la Saxe.

Les assises généralement horizontales des terrains crétacés de la vallée de l'Elbe ne sont pas relevées par les accidents de l'Erzgebirge, N. 57° E., qui ont fortement soulevé le Trias et le Jura de la Thuringe (*) ; mais d'Oberau à Hohnstein, le long du massif granitique qui suit la rive droite de l'Elbe, ces mêmes assises ont subi un dérangement brusque des plus accentués qui, disloquant les granites anciens et renversant les couches du quadersandstein su-

(*) Elie de Beaumont. *Notice sur les systèmes de montagnes.*

périeur, fait apparaître au jour des lits calcaires jurassiques (*). La direction de ce grand accident est N. 115° à 120° E.; de puissants filons quartzeux de même direction ont été signalés au S.-E. de la vallée de l'Elbe.

§ 8. *Formation miocène à lignites.* — Elle s'étend en assises horizontales au pied de l'Erzgebirge, qui regarde la Bohême. Cependant divers indices permettent de supposer que cette formation a été légèrement plissée par un vaste soulèvement à 75°, postérieur à l'apparition des cônes basaltiques qui dominent les plateaux de la Saxe. On observe, en effet, au pied même des gneiss et des schistes violemment relevés dans la direction 57°, quelques longues ondulations des couches miocènes.

Cette même formation miocène ne paraît dans les plaines de la Saxe qu'en lambeaux pris sous les cônes basaltiques, et qui se prolongent quelquefois en ellipse vers le Nord, comme s'ils avaient été protégés contre une violente érosion par ces cônes eux-mêmes. Or, la direction N.-S. des axes des parties protégées, qui constituent comme les ombres portées des cônes basaltiques, indique que le mouvement qui a amené l'érosion devait être à peu près E.-O., c'est-à-dire perpendiculaire à la direction d'écoulement des eaux. Enfin les assises d'argiles, sables et quartz roulé, d'environ 40 mètres de puissance qui constituent un lambeau miocène sous le dôme basaltique du Scheibenberg, sont coupées et rejetées à leur extrémité N. par une faille N. 80° E., dont le plongement est de 65° N. (**).

§ 9. *Résumé du chapitre Ier.* — Si nous cherchons à résumer, au point de vue des directions, ce qui précède, nous aurons la liste suivante des soulèvements, plissements et cassures qui ont affecté les terrains stratifiés de la Saxe.

(*) Elie de Beaumont. *Ibid.* — Daubrée. *Annales des mines*, 3e série, t. XVIII, p. 477. — Cotta. *Geogn. Wanderungen.*

(**) Naumann et Cotta.

1° N. 35° E. Anciens plissements de la granulite.

2° N.135° E. Plissements de la granulite et du gneiss, dont les derniers retentissements ont affecté les schistes en certains points.

3° N. 51° E. Soulèvement de la granulite. Soulèvement général et plissements locaux du gneiss, des schistes et des grauwackes inférieures.

4° N. 92° E. Soulèvement et plissement des schistes et des grauwackes.

5° N. 59° E. Soulèvement du gneiss de Mobendorf entre l'âge de la zone à sigillaires et celui de la zone à annulariés. Plissements violents des grauwackes dévoniennes et des terrains houillers inférieurs.

6° N.130° E. Cassures et plissements des terrains houillers et du rothliegendes. Grandes failles avec quartz ferrugineux (rother Ochs, rother Kamm).

7° N. 67° E. Soulèvement de l'Erzgebirge intéressant les terrains triasiques et jurassiques de la Thuringe, laissant horizontales les assises crétacées de la Saxe.

8° N.160° E. Cassures des terrains crétacés du nord de l'Allemagne. Filons-failles en Saxe (quartz ferrugineux).

9° N.117° E. Soulèvement et cassures des terrains crétacés supérieurs de la vallée de l'Elbe, entre Oberau et Hohnstein. Filons-failles quartzeux.

10° N.75° E. Dernier soulèvement de l'Erzgebirge postérieur à la formation miocène à lignites, se terminant par une violente érosion, du sud vers le nord, sur les grands plateaux de la Saxe.

CHAPITRE II.— DES ROCHES ÉRUPTIVES.

§ 1. *Granites.* — 1° *Environs de Meissen.* — Le granite et la syénite paraissent en grandes masses sur la rive gauche de l'Elbe; on y distingue (*) :

M_1) Un granite ancien, à gros grains, contenant deux feldspaths : orthose rouge, oligoklase jaune; un quartz gris, un mica noir magnésien. Cassures fréquentes N.-S.

M_2) Une syénite à gros grains, en dykes et filons dans le

(*) Naumann et Cotta.

précédent, contenant beaucoup d'orthose et de hornblende, un peu d'oligoklase et de mica noir, et parfois de très-petits cristaux de zircon. Cassures fréquentes à 80°.

M_2) Un granite à grains fins, relativement jeune, en filons dans les précédents; l'orthose rose y domine; le mica est peu abondant; le quartz lamelleux a une tendance à s'orienter. Cette leptynite est en relation avec des veines irrégulières de pegmatite rosée à gros grains (Plauen). Cassures N. 45° à 50° E. et N. 90° E.

Les épanchements M_1 et M_2 constituent une longue traînée dirigée N. 135° E. On peut constater quelques exemples nets de coulée du granite et de la syénite sur les thonschiefers à peu près parallèles qui bordent ces roches au N.-O.; le soulèvement à 135° aurait donc plissé d'abord schistes et gneiss, puis les cassures de même direction auraient servi d'issue à l'épanchement granitique.

2° *Environs de Schneeberg.* — A l'ouest de Schneeberg, le double massif granitique de Kirchberg et d'Eibenstock, qui se prolonge vers le Sud jusqu'aux environs de Carlsbad, se sépare des micaschistes voisins, suivant une frontière dirigée à 135°; parallèlement à cette frontière, et noyées dans les schistes, se présentent deux traînées de petits dykes granitiques, qui se rattachent à quelques centaines de mètres en profondeur au massif principal.

L'orientation des schistes voisins (*) les montre souvent en discordance avec la frontière granitique d'Eibenstock, vers laquelle ils plongent; mais leurs directions et leurs plongements indiquent qu'ils ont été nettement soulevés et déchirés par les traînées granitiques d'Oberschlema, Aue, Schwarzenberg : l'axe de l'ellipse de soulèvement est dirigé N. 130° E.

D'ailleurs l'étude des mines des environs de Schneeberg a démontré qu'au voisinage du fond granitique, sur lequel reposent les schistes encaissants, ces derniers sont traver-

(*) Müller. District métallifère de Schneeberg. Gangstudien, 1857.

sés par un grand nombre de petits filons de granite, nettement injectés dans des cassures dont les directions oscillent entre 135° et 145°. Il est intéressant d'avoir à constater que le granite de ces petits filons est en général très-analogue à celui des grands massifs; et que les schistes paraissent, à leur voisinage, fort peu métamorphiques et ne sont nullement transformés en gneiss.

Les mêmes observations s'appliquent au passage des micaschistes au granite d'Ober-Schlema, passage qui peut s'observer au jour : les micaschistes, dirigés à 45°, et présentant de nombreuses fentes à 140°, sont en discordance avec la frontière granitique et reposent directement sur un granite à grains fins, légèrement décomposé et verdâtre, qui passe, quelques mètres plus loin, au granite à gros grains, à mica noir. Ici c'est donc le granite qui, postérieur aux schistes, semble avoir subi une transformation à leur voisinage.

On distingue aux environs d'Eibenstock et de Schneeberg :

S_1). Un granite à gros grains contenant deux feldspaths, et un mica noir, dans lequel la tourmaline se présente fréquemment, chassant autour d'elle le mica. Il lance dans les micaschistes des ramifications et de vrais filons, et présente partout une direction moyenne N. 137° E. Ce granite présente une texture porphyroïde ; son quartz vitreux s'isole en grains grossiers; les cristaux d'oligoklase sont parfois décomposés, transformés en kaolin jaune ou verdâtre. La pinite n'y est pas rare.

S_2). On y observe par place (*) des traînées de granite plus jeune à grain fin, pauvre en mica, facilement décomposable, qui affectent volontiers une direction N. 50° E.

Le granite S_1 contient d'ailleurs de nombreuses fentes à 50°, à 90°, quelques-unes N.-S., et enfin des réouvertures violentes en forme de filons-failles à 130° et à 160°, dont il a déjà été question plus haut. Les cassures N.-S. et E.-O. sont souvent injectées par des veines de pegmatite.

(*) V. Oppe. Gangstudien, 1852.

3° *Environs de Geyer et d'Ehrenfriedersdorf.* — Le granite forme aux environs de Geyer trois pointements au-dessus des micaschistes qu'il a déchirés, celui du Greifenstein et ceux du Ziegelberg et du Geyerberg.

G_1). Ces trois massifs qui se rejoignent à une faible profondeur, sont composés d'un granite à deux feldspaths, essentiellement pauvre en mica. Le mica est généralement blanc potassique.

G_2). Il passe par place au greisen à gros grains avec mica, quartz, et, comme minéraux accidentels, la topaze et la tourmaline. Le Geyerberg est, de plus, entouré à la périphérie d'un manteau mince de granite à parties très-développées (stockscheider).

Les micaschistes des environs, orientés à 50°, paraissent peu dérangés, dans leur plongement vers le N.-O. (35 à 40°), par les pointements granitiques. Ils sont cependant antérieurs à ces granites : on trouve en effet constamment dans la roche éruptive des morceaux englobés de schistes à angles aigus, séparés du granite proprement dit par une double chemise quartzeuse, puis feldspathique (*).

Il faut conclure de ce fait, et du peu de profondeur de la formation schisteuse, que son plissement à 50° est contemporain de l'éruption granitique ; d'ailleurs schistes et granites sont traversés par de nombreuses fentes à 50° et à 90°.

4° *Altenberg et Zinnwald.* — Nous ne ferons que mentionner ici les granites d'Altenberg et de Zinnwald; ils présentent des roches tout à fait analogues, dans leurs modifications, à celles de Geyer.

A_1). Granite-porphyre à deux feldspaths, très-pauvre en mica (mica noir à Altenberg, mica blanc à Zinnwald).

A_2). Passage insensible au greisen avec parties souvent très-développées de quartz et de mica isolés.

L'axe des pointements granitiques, caractérisé par de

(*) Stelzner, 1865.

nombreuses cassures parallèles et perpendiculaires, paraît être orienté à 45° (ce fait est surtout visible à Zinnwald). Enfin quelques rejets à 90° traversent les granites d'Altenberg.

5° *Dans la Granulite.* — Granite à grains fins, mica foncé, feldspath rougeâtre abondant, de texture euritique, paraissant en bandes à 50° dans la granulite.

En résumé, les granites de la Saxe paraissent se rapporter à deux types principaux.

a). Granites anciens et syénites à gros grains, porphyroïdes, caractérisés par la direction N. 136° E., et dont l'épanchement, certainement postérieur au dépôt des schistes micacés et argileux, paraît se rapporter à la dernière période du soulèvement de même direction qui a plissé le gneiss, la granulite et les schistes par place. Cassures fréquentes à 135°, à 50°, à 90°, à 180°.

Ces épanchements se soudent quelquefois aux granites antérieurs à tous les terrains stratifiés, qui eux-mêmes se relient intimement au gneiss gris. On peut signaler la présence de ces roches, les plus anciennes de la Saxe, près Abertham, près Bobritsch et Naundorf; les gneiss sédimentaires paraissent les recouvrir, et nous retrouvons sur les limites de ces formations des phénomènes analogues à ceux qui caractérisent à Przibram la séparation entre les schistes et le granite.

b). Leptynites à grains fins et porphyres granitoïdes, pauvres en mica, passant volontiers à des roches exceptionnelles (Schörlfels, Topazfels, Berylfels, Greisen, Pegmatites). Ils seraient caractérisés par la direction N. 50° E., et leur épanchement, certainement postérieur aux schistes, paraît se rapporter au soulèvement de même direction de la granulite et du gneiss. Cassures fréquentes à 50°, à 90°. Les pegmatites se présentent souvent aussi dans les directions E.-O., N.-S.

§ 2. *Du gneiss rouge.* — Nous avons indiqué plus haut

que le gneiss gris se transformait par places en gneiss rouge d'origine éruptive, ou franchement métamorphique. Ce dernier est caractérisé minéralogiquement par la présence en certaine abondance d'un feldspath sodique généralement rougeâtre, et par la substitution absolue d'un mica blanc potassique à éclat argentin, au mica noir magnésien qui caractérise le gneiss gris.

Le gneiss rouge qui d'ailleurs passe souvent au blanc jaunâtre, contient 73 à 75 p. 100 de silice, c'est-à-dire 9 p. 100 de plus que le gneiss gris; son mica peut contenir jusqu'à 5 p. 100 d'eau (*). Il contient souvent de la tourmaline, des pyrites; son aspect le rapproche du granite-porphyre, et c'est à juste titre qu'on pourrait l'appeler gneiss-granite ou gneiss-porphyre.

Entre le gneiss gris et le rouge, trouvent place une foule de roches intermédiaires, qui semblent participer beaucoup plus des propriétés du gneiss éruptif que des gneiss stratifiés.

Le gneiss rouge se trouve en dykes dans les environs de Freiberg, de Geyer, de Marienberg, et en formations étendues près de Tharandt, de Schmiedeberg, etc.

Presque toujours en concordance de schistosité et de plongement avec les roches encaissantes, il passe sans transitions brusques à ces dernières : ainsi il se présente à Himmelfürst (près Brand) en bandes à 125°, parallèles aux autres gneiss de la contrée ; à Geyer il forme dans le micaschiste des traînées dont la schistosité oscille entre 35 et 55°, comme celle de cette dernière roche.

Le gneiss rouge contient, englobés dans sa masse, des morceaux à angles aigus des roches encaissantes, gneiss gris, schistes, grauwackes grenues. C'est ainsi qu'on peut avancer que les gneiss de Braunsdorf (entre la grauwacke et les schistes anciens), et de Mobendorf (entre la grauwacke dévonienne, et les terrains houillers inférieurs),

(*) Scheerer.

sont en partie postérieurs aux grauwackes qui reposent sur eux : ils en contiennent des fragments (*).

Le gneiss rouge des environs de Schmiedeberg (**) présente, en maints endroits, des îlots de schistes et de grauwackes, qui d'après Müller ont dû constituer une vaste formation, disloquée et en partie transformée par l'éruption postérieure du gneiss rouge, dont la schistosité plonge faiblement de 15 à 30° S.-E. Cette transformation, nettement métamorphique, produit souvent, au contact du gneiss rouge et des schistes argileux, un trapp micacé (***), analogue aux kersantons éruptifs ; au contact des grauwackes grenues, la roche produite est un quartzite compacte, à texture homogène.

En résumé, le gneiss rouge paraît avoir une origine franchement éruptive en bien des cas ; ses dykes, comme ceux des grünsteins, ont une tendance à s'intercaler entre les couches des roches encaissantes, à en adopter la schistosité, à y passer minéralogiquement par transitions insensibles ; le gneiss rouge est certainement postérieur aux gneiss gris, aux schistes, aux grauwackes anciennes, il paraît en certains points plus jeune que les grauwackes dévoniennes. Ses directions les plus nettes sont 140°, 50°, 90°. Le gneiss rouge représenterait pour nous une dernière éruption granitique surtout abondante entre le soulèvement à 50° et le soulèvement à 90°, mais se prolongeant après ce dernier et intimement liée aux pegmatites et aux granites exceptionnels à mica blanc.

§ 3. *Des grünsteins (gabbros-diorites, kersantons, serpentines).* — Les roches grünsteiniques de Saxe présentent, au point de vue minéralogique, les plus nombreuses variétés ; on peut distinguer :

(*) Müller. Gneiss de l'Erzgebirge, *B. und H. m. Zeitung*. 1er juillet 1863.

(**) Müller. Environs de Schmiedeberg, 1867.

(***) Müller. *Jahrbuch* (Leonard et Geinitz), 1865.

1°). Les gabbros (Siebenlehn, Roswein), composés d'une pâte feldspathique avec labrador, bronzite, pyroxène, et passant volontiers par places à la serpentine.

2°). Les diorites à grains fins, à pâte feldspathique avec cristaux plus ou moins discernables d'amphibole, passant d'une part aux schistes grünsteiniques, de l'autre aux diorites micacées (Freiberg, Marienberg, Schneeberg).

3°). Les kersantons plus ou moins amphiboliques avec tous les passages entre le feldspath micacé et la diorite micacée, et comprenant les mélaphyres d'Himmelfürst et de Schneeberg; les wackes grises d'Annaberg et d'Ehrenfriedersdorf.

Toutes ces roches sont en général riches en éléments calcaires et font souvent effervescence, identiques en cela, comme pour les caractères physiques, aux grünsteins des environs de Przibram (*); on les trouve d'ailleurs quelquefois accolées à des couches calcaires ou dolomitiques (sud de Neudorf, à droite de la route d'Ober-Wiesenthal), avec développement de minéraux métamorphiques au contact des deux roches (serpentine, épidote, grenat). D'autres fois les Thonschiefers se transforment en schistes grünsteiniques, et se remplissent de noyaux calcaires soulevant la schistosité (Bodenbach).

L'analyse chimique d'un certain nombre de roches vertes de la Saxe nous induit à les classer, au point de vue de leur composition respective, en trois groupes bien distincts:

1° *Grunsteins proprement dits et gabbros.* (Roswein, Schneeberg, etc.)

Perte au feu. . . . . 2 à 4 p. 100, légère effervescence.
Richesse au silice. . . . . . 40 à 42 p. 100
Portion attaquable par l'acide chlorhydrique concentré. . . . . 57 à 60 p. 100

(*) Mémoire sur les filons de Przibram et de Mies. *Annales des mines*, 1867.

Ces roches sont comparables aux basaltes, et quelquefois magnétiques comme eux.

2° *Kersantons à mica bronzé.* (Himmelfürst, Annaberg, etc.)

Perte au feu. . . . . 7 à 8 p. 100, vive effervescence.
Richesse en silice. . . . . . . 49 à 50 p. 100
Portion attaquable par l'acide
chlorhydrique concentré. . 45 à 48 p. 100

Quelques-uns de ces kersantons sont manganésifères et magnésiens.

3° *Wackes grises à pâte indistincte.* (Ehrenfriedersdorf, Marienberg, etc.)

Perte au feu . . . . 2 à 3 p. 100, pas d'effervescence.
Richesse en silice. . . . . . . 56 à 59 p. 100,
Difficilement attaquables par l'acide chlorhydrique concentré.

Nous donnerons plus loin l'analyse complète de quelques-unes de ces roches.

Les grünsteins présentent les minéraux accidentels les plus variés ; c'est un fait remarquable à tous égards que la présence fréquente des sulfures en mélange intime dans leur pâte compacte ou schisteuse, mais presque toujours d'origine éruptive ; certains dykes de grünsteins sont assez riches en minerais pour pouvoir être fructueusement exploités (Schwarzenberg) ; ils contiennent tous les éléments des remplissages si variés que nous présentent les filons concrétionnés de la Saxe : étain oxydé, bismuth natif, combinaisons du soufre, de l'antimoine et de l'arsenic avec le plomb, l'argent, le cuivre, le zinc, le fer, le cobalt, le nickel, etc., apatite, fluorine, etc., etc. Leurs affleurements, souvent transformés en argiles douces au toucher, contiennent parfois des rognons d'hématite, de fer carbonaté ou silicaté.

Les grünsteins se présentent en dykes, en lits d'injection ou en coulées plus ou moins stratifiées dans toutes les roches anciennes de la Saxe, y compris les granites, le gneiss rouge, et les grauwackes dévoniennes ; les gabbros

et les serpentines se trouvent en relation de voisinage avec la granulite; les diorites vont volontiers avec les thonschiefers et les grauwackes; les kersantons préfèrent, comme roche encaissante, les micaschistes et le gneiss.

1°). Les grünsteins, en dykes et en filons nettement éruptifs, affectent généralement une des quatre directions suivantes :

N. 136° E. Diorites et calcaires de Neudorf dans le gneiss;
Kersantons d'Himmelfürst dans le gneiss;
Kersantons de Schneeberg dans les micaschistes;
Kersantons d'Annaberg dans le gneiss.
N. 51° E. Diorites de Schneeberg dans les schistes argileux;
Diorites près Lössnitz dans les schistes argileux.
N. 95° E. Serpentines et gabbros de Tirschheim entre les micaschistes et les schistes argileux;
Diorites près Lössnitz dans les schistes argileux.
N. 106° E. Dykes près de Zwönitz.

Nous devons mentionner ici la direction à 170° d'un faisceau de wackes grises, près Ehrenfriedersdorf, coupé par les filons d'étain à 90°; elle est à rapprocher de la faille séparative du gabbro de Roswein et des Thonschiefers voisins, de plusieurs cassures anciennes du gabbro de Siebenlehn, de la direction d'anciens filons quartzeux dans le gneiss gris d'Himmelfürst et dans les granites d'Eibenstock. Ces diverses cassures sont antérieures au soulèvement à 92°. Nous verrons plus tard qu'elles paraissent antérieures aux systèmes à 59° et 135° (filons quartzeux d'Himmelfürst et d'Himmelfahrt).

Quelques dykes de gabbros se sont épanchés en dômes, à la façon des basaltes (Roswein, Siebenlehn); ils ont choisi en général un point d'épanchement situé sur la ligne de partage de deux formations fortement soulevées. Les deux épanchements de Roswein et de Siebenlehn paraissent postérieurs aux Thonschiefers; ils sont traversés par de nombreuses fentes à 55° et à 90°.

2°). Les grünsteins en lits injectés, c'est-à-dire parallèles, en direction et en plongement moyen, à la schistosité de la roche encaissante, s'y fondant en certains points, mais d'ailleurs présentant des signes non équivoques d'injection ignée, sont les plus nombreux (Schwarzenberg, Schneeberg, serpentines de la granulite) ; ils affectent en général une des directions suivantes :

N. 130° E. . . . Serpentines de la granulite.
N. 128 à 165° E. Grünsteins métallifères de Schwarzenberg.
N. 30° E. . . . Quelques lits grünsteiniques à Schneeberg et à Schwarzenberg.
N. 90 à 95° E. . Amphibolites de Joachimsthal, avec rutile, grenat, fer oxydulé (*).

3°). Les grünsteins en lits véritables, c'est-à-dire en coulée sur les roches stratifiées, et postérieurement relevés avec elles, se trouvent nettement dans les couches supérieures de la grauwacke, et comme elle sont redressés par le soulèvement à 59° du gneiss de Mobendorf.

Leur âge peut se déduire des considérations précédentes et de ce double fait que 1°) le terrain houiller de Hainichen présente à sa base un conglomérat de blocs concassés de grauwackes et de grünsteins ; 2°) les terrains stratifiés postérieurs ne contiennent plus trace d'éruptions grünsteiniques.

En résumé les grünsteins ont commencé à s'épancher en Saxe en même temps que se déposaient les schistes ; ils ont profité des fentes anciennes à 135°, des récentes à 50°, et leurs éruptions paraissent avoir été surtout abondantes après le soulèvement N. 92° E. et les quelques cassures N.-S. qui l'ont précédé. Ils sont tous antérieurs au soulèvement à 59°.

Les principales éruptions de grünsteins paraissent donc à peu près contemporaines de la production des gneiss rouges et des trapps micacés métamorphiques.

(*) A Rapprocher des roches d'Areudal.

§ 4. *Porphyres.* — Nous étudierons successivement :

A. *Les porphyres en relation avec les bassins houillers de l'Ouest.*

I. Porphyres interstratifiés d'Hainichen, Flöha, Zwickau.
II. Massif de Wurzen.
III. Dykes et filons porphyriques des environs de Freiberg.

B. *Les porphyres en relation avec les bassins houillers de l'Est.*

I. Massif de Meissen.
II. Massif de Tharandt.
III. Porphyres interstratifiés de Plauen.
IV. Dykes et filons porphyriques de Schmiedeberg et Altenberg.

A). I. *Coupe détaillée des bassins d'Hainichen, Flöha, Zwickau* (*).

1° *Conglomérat de fond*, avec morceaux de grauwacke et de grünsteins, sans trace de porphyre ; ne paraît qu'au nord d'Hainichen, et se trouve violemment relevé à l'Est.

2° *Terrain houiller inférieur*, équivalent du millstone grit, ou du terrain anthraxifère ? — a). Grès et schistes houillers d'Hainichen — Ebersdorf — Frankenberg (zone I à Lycopodiacés de Geinitz) ; violemment relevés à l'Est.

b). Grès, schistes et couches de houille, à Flöha-Gükelsberg (zone II, à sigillaires) ; relevés à l'Est.

Soulèvement du gneiss de Mobendorf.

3° *Terrain houiller supérieur* a). Conglomérat de morceaux de gneiss, de quartz et de schistes, à Flöha-Gükelsberg. — Assises horizontales.

H_1. Ce conglomérat est immédiatement recouvert et vernissé par un épanchement de porphyre rouge quartzifère qui a imprégné de quartz toutes les fissures du conglomérat et transformé, par places, en anthracite la houille des couches à sigillaires. — Direction caractéristique, N. 59° E.

(*) Naumann et Cotta. — Geinitz.

b). Grès kaolinisés et ferrugineux (Flöha); ont été transformés par les sources thermales émanant de H_1; accompagnés à Zwickau par les couches houillères à calamites et annulariés (zones III et IV); presque horizontaux.

c). Zone à Fougères de Zwickau (zone V); presque horizontale.

4° ***Rothliegendes inférieur.***

a). Conglomérat gris, très-horizontal, en légère discordance avec la couche précédente.

b) et H_2. Argilophyres feldspathiques et grès alternants; reposent directement à Frankenberg, sur les couches à sigillaires; à Flöha, sur les couches à annulariés.

c) et H_3. Grès à éléments porphyriques alternant avec des porphyres feldspatiques, moins riches en quartz que H_2; direction des épanchements N. 125° E.

H_4. Porphyrites, mandelsteins, basaltites, avec noyaux orbiculaires de quartz améthiste, de talc, stilbite, fer oligiste, göthite, fer carbonaté, calcite, barytine. Plusieurs de ces trapps se sont certainement épanchés à basse température; ex. : dans le puits Glück-Auf, près Zwickau, on traverse, à partir de la profondeur de 55 mètres, dans le rothliegendes inférieur, 32 mètres d'alternances de mélaphyres et de mandelsteins à noyaux calcaires.

d). Étage de grès et de schistes post-porphyriques.

5° Rothliegendes supérieur, zechstein, grès bigarré.

H_5. Pechsteins, sorte de pétrosilex à pâte feldspathique résineuse, semi-fondue; en filons dans les porphyres précédents; ex. : (Mühlbach) filon de pechstein, à 30°, dans un argilophyre de la série H_2.

II. ***Massif de Wurzen, Grimma.***

Large épanchement, recouvert de diluvium, dont l'axe principal paraît être à 160°, comprenant :

W_1) Un porphyre syénitique granitoïde;

W_2) Des porphyres quartzifères rouges et bruns, en filons dans W_1;

W_3) Des argilophyres blancs et verts, contenant des brèches de W_1 et W_2;

W_4) Des pechsteins en filons dans les précédents.

Les porphyres W_2 ont été trouvés à Rochlitz, dans les couches du rothliegendes inférieur.

III. *Environs de Freiberg.*

F_1) Porphyre quartzifère à grains fins de quartz, à pâte euritique très-compacte, d'un rose clair, plus ancien que la venue sulfurée. Ce porphyre se présente en longs filons peu puissants, dont les directions caractéristiques sont N. 55° E. (Rothenfurth), et N. 140° E., avec inflexions à 170°. (Lössnitz, Himmelfahrt, Morgenstern) (*).

F_2) Argilophyres dits Felsitfels (**). Feldspath et quartz en mélange intime, finement imprégné de galène lamelleuse, de blende noire, de mispickel argentifère (Weisserz). On les trouve :

a) Près Braunsdorf, dans les schistes noirs qui y forment la séparation à 52° entre le gneiss et les micaschistes (***). Ces schistes, qui ont subi des glissements énergiques, ont dû présenter aux roches éruptives un point de sortie facile; ils sont fortement métamorphisés, imprégnés d'une matière charbonneuse et traversés par de nombreux filons de felsitfels. Ces derniers paraissent souvent se terminer en lentilles et présentent rarement des salbandes nettes ; leur direction moyenne est N. 15° à 30° E.

b) Dans la mine Morgenstern, au Rammelsberg, à l'est de Freiberg, le filon dit Abendstern mgg., dirigé N. 26° E., est accompagné (****) dans toute sa longueur par un filon

(*) Vogelgesang. Gangstudien, 1851.

(**) Müller. Gangstudien, 1849.

(***) A rapprocher des schistes noirs près la Lettenkluft à Przibram.

(****) Vogelgesang.

mince de felsitfels, composé d'une pâte pétrosiliceuse de couleur variable, avec noyaux de feldspath rouge et de quartz blanc.

Les porphyres F_2 sont antérieurs à la première venue sulfurée de Freiberg.

F_3) On connaît dans les environs de Siebenlehn, au nord de Freiberg, des argilophyres trachytiques, avec grains de quartz et cristaux de feldspath ; l'orthose vitreux (sanidine) s'y développe en quantité notable.

Cette sanidine semble caractériser, en Saxe, les porphyres récents (pechsteins, argilophyres trachytiques), bien qu'on en ait signalé la présence, à l'état accidentel, dans les porphyres anciens.

a) Dyke de Bieberstein et faisceau de filons porphyriques ; il coupe les mines d'Emanuel et de Vereinigtfeld. — Direction, N. 130° E.

b) Dyke d'Obergrüna et mine de Romanus. — N. 175° E. Ces deux traînées porphyriques se rencontrent dans le gabbro de Siebenlehn ; elles coupent la première venue sulfurée et lui paraissent postérieures.

B. — I. *Massif de Meissen* (*).

M_1) Des argilophyres anciens avec brèches de morceaux granitiques ont recouvert le fond de syénite et de granite du bassin de Meissen. Directions. — N. 135° E., N. 165° E.

M_2) Un porphyre quartzifère rouge (Dobritzer) recouvre en coulées horizontales les argilophyres M_1. Le tout a été sillonné par les filons des porphyres qui suivent.

M_3) Porphyres feldspathiques bleu et brun, avec variétés absolument dépourvues de quartz et dans lesquelles se développent des cristaux de hornblende (Wilsdruffer). Leur direction dominante est N. 175° E.

M_4) Porphyre quartzifère rouge brun ; certainement postérieur aux précédents. Direction, N. 145° E.

(*) Naumann et Cotta.

M_6) Pechsteins en filons à 30°, associés à des argilophyres trachytiques, dans la vallée dite Triebischthal.

II. *Massif de Tharandt.*

T_1) Porphyre rouge brun quartzifère, à fins grains de quartz, analogue à M_4.

T_2) Argilophyre gris, à grains quartzeux, accompagné de petites mouches de pyrite, galène, blende, mispickel, talc, identique aux felsitfels F_2 des environs de Freiberg.

T_3) Pechstein (Spechtshausen). Pâte pétrosiliceuse foncée, quasi-fondue, avec noyaux orbiculaires de feldspath et de porphyre T_1, non décomposés à la périphérie, blanchis à l'intérieur. — Direction, N. 36° E.

III. *Bassin de Plauen* (*).

Sur un fond de syénite, à l'est, de schistes, à l'ouest, on observe :

1° *Un vernis de porphyres;* P_1) argilophyre très-schisteux avec fentes à 135°.

P_2) Porphyre quartzifère rouge, rare au jour, très-connu dans les mines de houille. — Analogue à M_2.

P_3) Porphyre bleu feldspathique, avec nombreux cristaux de hornblende; il ne présente jamais d'amygdaloïdes comme les mandelsteins plus récents; il constitue le massif de l'Eichberg et se montre partout très-analogue à M_3. Direction dominante, N. 124° E.

2° Sur ces porphyres repose *le terrain houiller supérieur :*

Grès et schistes, avec une couche de houille exploitable, au-dessous de laquelle apparaissent par place des conglomérats de porphyre P_3.

3° *Rothliegendes inférieur.*

a) Conglomérat gris.

b) Grès, schistes, arkoses avec lits de calcaire, de dolomite et une petite couche de houille.

(*) Geinitz.

4° *Rothliegendes supérieur.*

a) Grès rouges et couches argileuses, ne reposant pas partout, en concordance de stratification sur le rothliegendes inférieur, bien qu'ils soient plissés, comme les terrains précédents, par un soulèvement à 127°.

b) Brèche porphyrique à morceaux aigus (P_2, P_3), disposée du N.-O. au S.-E. et se terminant au S.-E. par des psammites à grains fins.

c) Conglomérat de morceaux de gneiss et de porphyre brun de Tharandt T_1, venant du S.-O. au N.-E., et soulevé au N.-E. suivant la direction N. 125° E. Ce conglomérat domine les vallées (*).

5°) Porphyres récents, riches en sanidine; ils sont en relation avec la grande faille à 127° (rother Ochs), qui a intéressé tous les terrains stratifiés des environs de Plauen. On les trouve d'ailleurs épanchés sur le rothliegendes supérieur (Ober-Naundorf, Hähnischen, Moritzschacht).

IV. *Environs de Sehmiedeberg* (**) *et d'Altenberg.*

A_1) Porphyre quartzifère en filons dans les gneiss (gris et rouge). Il est à grains moyens, rouge terne à jaune brun; l'orthose s'y développe en cristaux et se transforme volontiers en kaolin. On en connaît au moins trois faisceaux très-allongés et dirigés en moyenne N. 58° E., près Schmiedeberg.

A_2) Porphyre très-analogue, plus foncé; il se présente en masses et contient par place un peu de mica noir; on y trouve des brèches du porphyre précédent. A l'est d'Altenberg, dans une des mines des environs, on peut observer la séparation de ce porphyre A_2 avec les gneiss encaissants; elle se fait en forme de faille dirigée N. 177° E., plongeant de 55° O.; les gneiss, très-micacés, ont une schistosité parallèle, mais plongent de 50° vers l'Est.

(*) Naumann et Cotta.
(**) Müller.

A_3) Syénite-porphyre, en filons dans le précédent et aussi dans les gneiss, et les granites des environs. Leur direction est la même : N. 177° E. Ils se composent d'une pâte feldspathique d'un rouge sale, tigrée de taches verdâtres (mica vert, chlorite), et englobant de larges cristaux d'orthose rosé, ainsi que des cristaux bipyramidés de quartz arrondis sur les angles ; cette variété est identique avec un des porphyres quartzifères du Morvan et mérite peu d'ailleurs le nom de syénite.

Les porphyres A_2, A_3, forment une zone très-allongée N. 170° E, partant de la chaîne même de l'Erzgebirge, au pied de laquelle ils ont été recouverts par les terrains stratifiés récents (Teplitz), et dont ils ont subi les dislocations, et venant recouvrir près Bärenburg, etc., des lambeaux de terrain houiller (inférieur?).

Si nous cherchons à résumer ce qui précède, en mettant en regard les uns des autres, les porphyres de même âge, nous aurons le tableau suivant, où nous avons marqué par des traits noirs les limites d'âge inférieure ou supérieure, qui résultent avec quelque certitude de l'étude précédente (*).

(*) *a* argilophyre ; — *q* quartzifère ; — *f* fedspathique ; — *d* amphibolique ; — *p* pechstein ; — *s* riche en sanidine.

TERRAINS STRATIFIÉS.	HAINICHEN. Nature.	HAINICHEN. Direction.	WÜRZEN. Nature.	WÜRZEN. Direction.	FREIBERG. Nature.	FREIBERG. Direction.	MEISSEN. Nature.	MEISSEN. Direction.	THARANDT. Nature.	THARANDT. Direction.	PLAUEN. Nature.	PLAUEN. Direction	ALTENBERG. Nature.	ALTENBERG. Direction.	VENUES porphyriques.
Terrains houillers inférieurs .	qH_1	59°	dW_1	160°	qF_1	55° 170° 140°	aM_1 qM_2 dM_3	135° 165° 175°	. . .	. . .	aP_1 qP_2 dP_3	130°	qA_1 qA_2 qA_3	59° 177°	1re venue.
Terrains houillers supérieurs.															. . . . .
Rothliegendes inférieur.	aH_2 qH_3 dH_4	127°	qfW_2 aW_3				qM_4		qT_1						2e venue.
Rothliegendes supérieur. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . . . .
	pH_5	30°	pW_4		aF_2 aF_3	26° 175° 130°	pM_5	30°	aT_2 pT_3	30°	aP_4	127°			3e venue.

Nous nous arrêterons à l'hypothèse qu'il y aurait eu trois venues porphyriques principales en Saxe.

La première (argilophyres, porphyres quartzifères, feldspathiques, amphiboliques), serait contemporaine des premières assises du terrain houiller supérieur; elle aurait injecté les fentes anciennes à 135°, les cassures dues au soulèvement du gneiss de Mobendorf N. 59° E., et des cassures légèrement postérieures N. 168° E.

La seconde venue (argilophyres, porphyres quartzifères et feldspathiques, mandelsteins) serait contemporaine du rothliegendes inférieur, dans lequel elle formerait des coulées interstrafiées (*).

La troisième venue (felsitfels, pechsteins, argilophyres trachytiques) caractériserait l'époque de la première venue métallifère sulfurée de Freiberg; elle serait certainement postérieure au rothliegendes supérieur, commencerait par des filons à 30° et se terminerait par des dykes à 130°.

§ 5. *Porphyres augitiques, basaltes et phonolites.*— Les basaltes de la Saxe constituent au pied même de l'Erzgebirge une longue traînée N. 65 à 70° E., à peu près parallèle à cette chaîne de montagnes, et qui réunit les deux massifs principaux de Schlackenwerth et du Mittel-Gebirge. Percés par places de pics aigus de phonolites, ils se sont épanchés tantôt sur la formation miocène à lignites, tantôt sur les terrains crétacés de la vallée de l'Elbe. Les phonolites leur paraissent en général légèrement postérieurs (**).

On trouve, assez loin de cette zone principale, sur les plateaux de la Bohême, quelques cônes basaltiques et volcaniques, qui paraissent en relation avec de grandes failles récentes à 34° et à 170°, traversant tout le pays.

D'autre part, sur les plateaux de la Saxe, paraissent plu-

(*) Ce groupe n° 2 serait tout à fait analogue aux porphyres de même âge, étudiés par M. Jacquot dans le bassin de la Saar, ains qu'aux mélaphyres d'Oberstein.

(**) Naumann et Cotta.

sieurs pointements basaltiques qui semblent avoir primitivement fait partie de longues et étroites coulées N.-S.; nous avons vu qu'ils se sont épanchés avant un dernier mouvement, suivi d'érosion, qui aurait soulevé l'Erzgebirge dans la direction E.-O.

Les basaltes de la Saxe sont en général riches en fer oxydulé magnétique; ils présentent souvent du péridot, toujours des cristaux d'augite. Ils sont accompagnés de filons et de failles E.-O. et N.-S., dont le remplissage offre parfois des particularités remarquables (*).

a). Près de Plauen, dans la syénite ancienne, on connaît deux filons de dolérite à aspect basaltique, dirigés N. 75° E., et coupés par une faille à 173°.

b). Près du Bärenstein, on a signalé des filons de wacke composée d'un conglomérat de basalte augitique avec ciment calcaire; leur direction est N. 175° E.

c). Dans les mines de Joachimsthal, nous aurons occasion d'étudier des filons de wacke basaltique et phonolitique, dont la direction dominante est N. 75 à 80° E.

d). Cotta cite un filon quartzeux de la direction N. 116° E., qui passerait nettement à travers un dyke de basalte et lui serait par conséquent postérieur (environs de Rumburg). Il faudrait donc admettre que quelques-uns des dômes basaltiques de la Saxe qui reposent au S.-E. sur les terrains crétacés sont antérieurs à cette direction N. 116° E.

En résumé, nous aurions la liste suivante des accidents qui ont amené ou disloqué les roches éruptives récentes de la Saxe :

1°). Basaltes au S.-E. (environs de Rumburg) antérieurs à la direction 116°?

2°). Basaltes de la Bohême en relation avec des failles à 54°?

3°). Basaltes de la Saxe, dolérites de Plauen, wackes de

(*) Naumann et Cotta.

Joachimsthal, en relation avec une première réouverture N. 78° E.

4°). Grands accidents à 170°, caractérisés en Bohême par des éruptions volcaniques (Wolfsberg), en Saxe par des réouvertures, des failles, etc. (conglomérat basaltique près le Bärenstein, faille près Plauen).

5°). Seconde réouverture E.-O. (faille du Scheibenberg), suivie d'une vaste érosion.

§ 6. *Sources thermales.* — Elles sont presque toujours en relation avec les filons à 160° (quartz ferrugineux), réouverts par le dernier soulèvement à 170°. Le voisinage des basaltes leur communique souvent des propriétés thermales remarquables.

Les sources de Carlsbad, Marienbad, Teplitz, etc., etc., sont sodiques, riches en acide carbonique avec traces de sulfates, de chlorures, de fluorures.

Plusieurs filons métallifères, trop profondément exploités, ont donné passage à des sources thermales minéralisées, quelquefois très-abondantes (Joachimsthal, Freiberg, etc.). Ces dernières sont souvent riches en acide sulfhydrique.

§ 7. *Résumé du Chap. II.* — Si nous cherchons à résumer ce qui précède, nous aurons la liste suivante des directions que les roches éruptives ont suivies de préférence en Saxe :

Gneiss gris.

1° N. 170° E. Cassures anciennes du gneiss, dykes de grünsteins.

Schistes anciens.

2° N. 136° E. Cassures et épanchements des granites à gros grains et syénites de la Saxe.

Grauwacke silurienne.

3° N. 50° E. Granite-porphyre, greisen, gneiss rouge, grünsteins, gabbros, serpentines.

Grauwacke dévonienne.

4° N. 95° E. Fin du gneiss rouge, nombreux dykes et filons de grünsteins, kersantons.
5° N. 106° E. Dykes de grünstein des environs de Zwönitz.

Terrain houiller inférieur.

6° N. 59° E. Première venue porphyrique.
7° N. 168° E. Suite de la première venue porphyrique.

Terrain houiller supérieur et rothliegendes inférieur.

8° Anciennes fentes à 137° réouvertes: seconde venue porphyrique.

Rothliegendes supérieur et terrains stratifiés suivants (?)

9° N. 28° E. Pechsteins et Felsitfels en relation avec la première venue sulfurée de Freiberg, et antérieurs à cette venue.
10° N. 130° E. Argilophyres trachytiques postérieurs à cette venue.

Terrains crétacés supérieurs.

11° N. 116° E. Accidents disloquant quelques basaltes au sud-est de la vallée de l'Elbe (?).

Formation miocène à lignites.

12° N. 34° E. Basaltes de la Bohême occidentale (?).
13° N. 78° E. Grand épanchement des basaltes au pied de l'Erzgebirge.
14° N. 170° E. Accidents postérieurs aux basaltes, sources thermales actuelles.
15° N. 75° E. Dernier soulèvement de l'Erzgebirge; accidents disloquant les basaltes.

Les épanchements de roches éruptives, mentionnés dans cette liste, nous présentent ce fait remarquable, qu'ils se groupent toujours de façon à offrir un terme acide, un terme basique, et souvent les intermédiaires. Ainsi, à côté

des granites anciens se trouvent les syénites; à côté des granites récents, les grünsteins; la première venue porphyrique nous présente des porphyres quartzifères, puis feldspathiques et enfin amphiboliques; la seconde venue nous offre, après les porphyres quartzifères et feldspathiques, la série des mandelsteins. A côté des felsitfels et pechsteins, se trouvent les argilophyres trachytiques, enfin les basaltes sont accompagnés d'éruptions phonolitiques. Quant à l'ordre dans lequel se produisent ces épanchements, il semble qu'en général la roche acide précède la basique; mais ce fait est loin d'être sans exception.

CHAPITRE III.—Comparaison des faits observés avec le tableau des systèmes de montagnes.

§ 1. *Tableau des systèmes de montagne.*—Nous donnons ci-contre la liste des systèmes de montagnes rapportés à Freiberg (longit. E. 11° 0′ 25″, latit. N. 50° 55′ 5″), et celle des soulèvements qui ont plissé les terrains stratifiés de la Saxe, ou produit des cassures par lesquelles se sont épanchées les roches éruptives; on verra que ces trois listes sont fort près de concorder entre elles. Les indications relatives à l'âge des soulèvements locaux, que les terrains fossilifères nous ont fournies, facilitent encore cette comparaison.

SYSTÈMES de montagnes.	AGE géologique.	Direction à Freiberg (*).	SOULÈVEMENTS DE LA SAXE.			RETENTISSEMENTS dans les terrains stratifiés.	ÉPANCHEMENTS ÉRUPTIFS.
			Numéros.	Age géologique local.	Direction.		
Vendée.	Antésilurien.	169° 45′	1	Granites anciens.	170°	Fentes anciennes des granites et du gneiss gris, quelquefois disloquées par la schistosité.	
Longmynd.	Idem.	34° 37′	2	Granulite, gneiss gris.	34°	Anciens plissements de la granulite.	
Morbihan.	Idem.	140° 3′	3	Schistes.	135°	Plissements de la granulite, du gneiss gris, cassures des schistes.	
	Silurien.			Grauwackes.			Granites à gros grain, syénite.
Westmoreland.		63° 23′	4		51°	Soulèvement de la granulite, du gneiss gris, des schistes, des grauwackes.	
	Dévonien.			Grauwackes.			Granite-porphyre, gneiss rouge, greisen, grünstein.
Lands-End.		96° 29′	5		95°	Plissements violents des schistes et des grauwackes. Soulèvement de l'Erzgebirge.	
	T. carbonifère.						Gneiss rouge, grünstein.
Ballons.		111° 23′	6		106°	Plissements du gneiss et des micaschistes	
	T. anthraxifère.			T. houiller infér.			Grünstein.
Primitif de Lisbonne.		60° 29′	7		59°	Soulèvement du gneiss de Mobendorf, des grauwackes et des zones houillères I et II.	Venue porphyrique n° I.
Forez.		172° 0′	8		168°	Plissements des schistes.	Suite de la venue porphyrique I.
	Terrain houiller.			T. houiller supér.			Idem.
Nord de l'Angleterre.		6° 52′				Légère discordance de stratification entre le rothligendes et le terrain houiller.	
	Rothliegendes et Zechstein.			Rothliegendes inf.			Venue porphyrique n° II.
Pays-Bas.		92° 15′					
	Grès des Vosges.						

Rhin.		24° 29′	9		28°		Pechsteins et Felsifels.
	Trias.						
Thuringerswald.		132° 29′	10		130°	Grandes failles intéressant les terrains houillers et le rothligendes.	Argilophyres trachytiques, riches en sanidine. (Venue porphyrique n° III.)
	Jura inférieur.						
Mont Seny.		41° 0′					
	Jura supérieur.			Jura.			
Côte-d'Or.		56° 19′	11		57°	Soulèvement de l'Erzgebirge.	
	Craie inférieure.			Craie inférieure.			
Mont Viso.		162° 23′	12		160°	Failles et filons des terrains crétacés du nord de l'Allemagne.	
	Craie supérieure(?)			Craie supérieure(?)			Premiers dômes basaltiques au S.-E. de l'Elbe (?).
	T. nummulitique.						
Pyrénées.	Éocène?	114° 15′	13		117°	Cassures et soulèvement de la craie supérieure dans la vallée de l'Elbe.	
Corse et Sardaigne.	Oligocène?	177° 42′					
Tatra.	et Miocène?	93° 42′		Miocène à lignite.			
Alpes occidentales.		32° 38′	14		34°	Failles de la Bohême occidentale (Mies).	Basaltes du Wolfsberg (?).
	Pliocène.						
Alpes principales.		79° 30′	15		78°	Soulèvement de l'Erzgebirge, intéressant le miocène à lignite.	
	Diluvium.						Basaltes et Phonolites de l'Erzgebirge.
Tenare.		168° 29′	16		170°	Réouvertures récentes (eaux minérales).	Tuffs volcaniques, eaux minérales.
Etna-Ténériffe.		78° 19′	17		75°	Soulèvement de l'Erzgebirge, érosion des plateaux.	

(*) Les systèmes du Lands-End, du Rhin, du Thuringerwald, des Pyrénées et du Ténare sont représentés ici par des primitifs ou des octaédriques du réseau pentagonal.

§ 2. *Des réouvertures.* — Les dix-sept soulèvements, mentionnés dans ce tableau, comme ayant eu des retentissements en Saxe, peuvent se répartir en six groupes (*).

I.	N° 2. . .	34°	Moyenne. . . 32°.
	N° 9. . .	28°	
	N° 14. . .	34°	
II.	N° 3. . .	135°	Moyenne. . . 132° 30′.
	N° 10. . .	130°	
III.	N° 4. . .	51°	Moyenne. . . 55° 42′.
	N° 7. . .	59°	
	N° 11. . .	57°	
IV.	N° 1. . .	170°	Moyenne. . . 167°.
	N° 8. . .	168°	
	N° 12. . .	160°	
	N° 16. . .	170°	
V.	N° 5. . .	95°	Moyenne. . . 82° 42′.
	N° 15. . .	78°	
	N° 17. . .	75°	
VI.	N° 6. . .	106°	Moyenne. . . 111° 30′.
	N° 13. . .	117°	

§ 3. *Des quelques anomalies que présente le précédent tableau.* — 1°). Le soulèvement n° 4, dont l'âge et la direction concordent approximativement avec le Westmoreland, en diffère cependant d'environ 12°; il semble que cette déviation ne soit pas un fait accidentel dans le centre de l'Europe; nous avons déjà eu occasion de signaler aux environs de Przibram une déviation analogue du même système.

(*) Nous rapprochons de ces moyennes les directions des six grands cercles primitifs du réseau pentagonal qui passent le plus près de la Saxe.

I.	Rhin.	24° 29′
II.	Thuringerwald.	132° 29′
III.	Lisbonne.	60° 29′
IV.	Tenare.	168° 29′
V.	Lands-End.	96° 29′
VI.	Pyrénées.	114° 15′

2°). Le soulèvement n° 6 du gneiss de Mobendorf présente une réelle importance; il semble légèrement antérieur au soulèvement du Forez, et se montre en Saxe avec une netteté d'âge et de direction remarquable.

Il paraît de plus avoir eu des retentissements considérables dans plusieurs autres contrées; on a depuis longtemps signalé dans le Nassau et le Hartz des réouvertures du Westmoreland qui ont violemment plissé les couches dévoniennes, et même les assises houillères, laissant horizontales les couches du rothliegendes et du trias (*).

M. Grüner (**) cite des filons et amas de quartz concrétionné, des dykes de porphyre quartzifère, enfin des plissements du terrain anthraxifère, ayant une direction moyenne N. 60 à 65° E. aux environs de Saint-Étienne, et de Sainte-Foye l'Argentifère. L'âge de ces plissements et de ces épanchements serait à rapporter à la fin de la période équivalant au millstone-grit, et à peu près contemporain du soulèvement du Forez; dans la description géologique du département de la Loire, M. Grüner présente le système N. 65° E. comme un soulèvement lent pendant le cours de la période houillère; il est inutile d'insister sur le parallélisme presque absolu de ces faits avec ceux que nous avons exposés page 139.

Tous ces accidents longent le grand cercle de Lisbonne, auquel ils sont parallèles; la direction si nette du plissement de Hainichen est, à quelques minutes près, celle de ce grand cercle lui-même (***).

(*) Élie de Beaumont. *Notice sur les systèmes de montagnes.*

(**) Grüner. *Annales de la Société d'agriculture, etc., de Lyon,* 1857.

(***) Depuis que ce mémoire a été remis à la commission des Annales, M. Vézian a fait connaître (Besançon, 1870), dans un mémoire sur les filons de Zell-sur-Moselle, des faits nouveaux relatifs au soulèvement en question.

Section II. — Veines stannifères.

La plupart des mines d'étain de la Saxe sont aujourd'hui abandonnées ; toutes celles du massif granitique d'Eibenstock, du stockwerk de Geyer, des environs de Marienberg, de Schmiedeberg, sont dans ce cas, et nous n'avons pu visiter que les exploitations suivantes, qui ne peuvent donner qu'un simple aperçu des remplissages stannifères de la Saxe :

1° *Maurizi-zeche*, dans le granite près Abertham et Joachimsthal ;

2° *Kleine mittlere vierung*, dans les micaschistes près Ehrenfriedersdorf;

3° *Stockwerk et filons d'Altenberg et de Zinnwald* dans le granite et le porphyre.

Toutes ces exploitations réunies n'occupent guère plus de 400 ouvriers; en 1867 la production totale en étain de la Saxe n'avait pas dépassé 130 tonnes, représentant une valeur de 300.000 francs environ. Cette production a sensiblement augmenté en 1869, et les travaux sont activement poussés à Altenberg et à Zinnwald, en raison même du prix élevé de l'étain.

CHAPITRE I. — ABERTHAM.

§ 1. *Constitution géologique des environs.* — Les filons d'étain des environs d'Abertham se trouvent dans le massif granitique de Platten, qui n'est lui même qu'une annexe du grand massif d'Eibenstock, dont il n'est séparé que par une étroite bordure de schistes. Le granite est à gros grains avec feldspath blanc, mica noir et abondance de tourmaline. Au voisinage des filons d'étain le feldspath devient rouge; le mica et la tourmaline diminuent, et le granite prend un aspect grenu porphyroïde.

Les micaschistes, qui recouvrent le granite, ont été certainement soulevés par lui; ce soulèvement N. 92° E., avec plongement habituel vers le nord, est à rapporter au Land's-End.

§ 2. *Directions des filons stannifères.* — Les filons exploités dans la mine dite Maurizi-Zeche, se composent de fentes minces dont l'orientation ordinaire est

N. 28 à 35° E. . . . . H_2

ou

N. 155 à 165° E. . . . . H_{11}

Le filon principal est formée de deux veines H_2 avec plongement de 80° vers l'ouest, qui se suivent parallèlement à 3 ou 4 mètres de distance; dans l'intervalle qui les sépare, le granite est complétement imprégné de petits cristaux d'étain, composant parfois des mâcles multiples fort compliquées. Cette imprégnation n'est pas du tout analogue à celle que présente le greisen normal de la Saxe; les cristaux d'oxyde d'étain sont très-visibles, isolés dans la roche à laquelle ils donnent un aspect grenu, le granite lui-même ne semble pas attaqué; il est pauvre en mica et en quartz, riche en feldspath rouge. L'imprégnation est surtout considérable aux points de croisement des veines H_2 entre elles ou avec les H_{11}.

§ 3. *Remplissages.* — Les filons d'Abertham se sont montrés très-pauvres en minéraux accidentels; nous y pouvons signaler le mispickel, la tourmaline, et enfin comme minéral fréquent, mais bien postérieur à la formation stannifère, les micas d'urane, surtout le vert (chalcolite) ; c'est un minéral habituel des filons d'hématite rouge de l'Erzgebirge ; il s'y présente en réouverture et se rattache à une formation toute récente, contemporaine de certains basaltes. On connaît d'ailleurs plusieurs pointements basaltiques au voisinage de la Maurizi-Zeche.

Au Nord, tous les filons de cette mine sont coupés et

rejetés par une puissante faille argileuse N. 92° E., plongeant de 80° vers le sud; dans le massif même d'Eibenstock on connaît les traces d'une foule d'anciennes exploitations stannifères dont les principaux filons étaient dirigés N. 90° E. et N. 50° E.; ces directions peuvent être relevées à 1 kilomètre à l'ouest de la Maurizi-Zeche; la direction N. 90° E. était remarquable par la fréquence du feldspath dans le remplissage des filons (*).

§ 4. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — Nous rapporterons :

Les filons H_{11}.	au système de la	Vendée.
H_2.	—	du Longmynd.
H_4.	—	Westmoreland.
H_6.	—	Land's-End.

Les H_6 ont été probablement réouverts par les Alpes principales auxquelles on doit rapporter la faille N. 92° E.

CHAPITRE II. — EHRENFRIEDERSDORF.

§ 1. *Constitution géologique des environs.*—Les environs d'Ehrenfriedersdorf sont constitués par un micaschiste à mica brun, généralement très-quartzifère, mais présentant par place des noyaux de feldspath développés postérieurement à la schistosité. Cette dernière a pour orientation moyenne N. 50° E. avec plongement de 40° vers le N.-O.; à l'est elle paraît se rapprocher de la direction N.-S., mais alors son plongement diminue beaucoup et n'atteint pas 15°.

Les micaschistes contiennent des lits de calcaire et de schistes imprégnés de fer oxydulé magnétique, avec grenat, pyrite de fer et de cuivre, mispickel, blende brune, etc.

Le gneiss rouge paraît en lambeaux souvent allongés

(*) V. Oppe. Ces filons stannifères sont en relation avec des filons de pegmatite.

dans le sens de la schistosité des micaschistes encaissants. Il est en relation avec les célèbres pointements granitiques des environs immédiats de Geyer, à l'ouest d'Ehrenfriedersdorf.

Au S.-E., vers Sauberg, on connaît dans les micaschistes des faisceaux de grünsteins éruptifs que les mineurs appellent wackes (*) ; leur pâte noirâtre laisse apercevoir de petites lamelles de mica. Ils ressemblent assez, comme aspect général, aux wackes d'Annaberg, et sont coupés par les filons d'étain. Leur direction habituelle est N. 165° E. ; quelques-uns d'entre eux affectent aussi une direction N. 48° E., il est rare que leur puissance dépasse quelques mètres.

Nous rapportons au Westmoreland l'orientation habituelle des micaschistes, du gneiss rouge, des granites et de quelques-uns des grünsteins ; les autres paraissent remplir d'anciennes fentes de la Vendée.

§ 2. *Directions des filons métallifères.* — On connaît aux environs d'Ehrenfriedersdorf des filons d'étain, et des filons barytiques qui coupent les précédents.

Les filons barytiques affectent en général une des deux directions

H_{5-6}. . . . . N 80° E.
H_{10}. . . . . N. 160° E.

Les filons stannifères ont pour orientation,

H_{5}. . . . . N. 53° E.
ou
H_{6}. . . . . N. 85° E.

§ 3. *Des rejets.* — Les filons barytiques H_{10}, H_{5-6} coupent et rejettent les filons stannifères, fentes et remplissages; les H_{5-6} plongent en général vers le nord, tandis que

(*) Ces wackes contiennent 55,9 p. 100 de silice; leur perte au feu est de 1,65 p. 100 ; elles ne font pas effervescence avec les acides, qui les attaquent difficilement.

les H_6 stannifères ont un plongement ordinaire vers le sud. Il est à remarquer que les filons H_{5-6} sont fréquemment accompagnés de failles stériles de même direction, et que leur remplissage paraît disloqué.

Les filons stannifères H_3 ont été surtout abondants aux environs de Geyer, et surtout riches dans l'un des pointements granitiques qui y ont soulevé les schistes, auxquels le granite est postérieur. Il est prouvé (*) que les filons H_3 se prolongent dans les micaschistes et y ont même été exploités. Les filons sont rejetés, dans le Stockwerk de Geyer, par une veine H_{5-6}, N. 84° E., plongeant vers le sud, et qui nous paraît être un ancien filon H_6, postérieurement réouvert et rempli d'un quartz hornsteinique. Nous verrons plus loin que ce quartz doit être rapporté à la venue ferrugineuse de l'Erzgebirge, qui a immédiatement précédé la venue barytique à Ehrenfriedersdorf.

Les filons stannifères H_6 dominent aux environs d'Ehrenfriedersdorf et de Sauberg; ce sont les seuls qui soient actuellement exploités; ils paraissent couper les H_3, et se composent de faisceaux parallèles, comprenant chacun une douzaine de petites fentes très-rectilignes: on en connaît trois dans la mine dite kleine mittlere Vierung, distants l'un de l'autre d'une quinzaine de mètres, et d'une puissance moyenne de 6 mètres chacun.

§ 4. *Remplissages.* — Les filons H_{5-6} et H_{10} contiennent surtout des micaschistes broyés; ils présentent par places du quartz, de la barytine, de la fluorine, des pyrites de cuivre et de fer (voyez plus loin les venues V_3, V_4); on y a signalé quelques minéraux argentifères, argent rouge, sulfuré.

Les filons d'étain présentent trois apparences distinctes sur lesquelles nous allons insister.

1°) Dans le granite et le gneiss rouge des environs de

(*) Daubrée. *Annales des mines*, 3ᵉ série, t. XX. — Stelzner. *Gisements stannifères de Geyer*, 1865.

Geyer, les fentes stannifères se réduisent à de minces filets de quartz, finement imprégné d'oxyde d'étain (0,28 p. 100); les salbandes sont elles-mêmes transformées en greisen et se relient intimement au remplissage des filons; le feldspath a généralement disparu, le mica blanc, en petites houppes clair-semées, se mélange au quartz hyalomitique de cette venue; les druses y sont très-rares.

2°) Dans les micaschistes, les salbandes s'accusent nettement, et se distinguent des filons, qui deviennent plus puissants et dont l'allure se régularise; le mica brun des schistes est généralement verdi sur quelques centimètres d'épaisseur; le remplissage se compose d'un quartz blanchâtre ou jaunâtre à éclat gras, dont la tendance à former des cristaux incomplets ou coniques, fortement striés transversalement aux faces du prisme, est remarquable; dans ce quartz se développent des cristaux et des mouches d'étain, de wolfram, de mispickel, accompagnés de fluorine massive et cristallisée, de topaze, quelquefois d'émeraude, rarement de tourmaline; le mica blanc se présente dans les druses en fine couverture; il est fréquemment accompagné par une substance stéatiteuse jaunâtre, translucide et très-douce au toucher. Comme minéraux accidentels, on peut citer le molybdène sulfuré, le fer oligiste, la scheelite, l'apatite, les pyrites de fer et de cuivre.

Cette venue qui est la plus fréquente à Ehrenfriedersdorf, se présente aussi par place dans le granite et dans le gneiss rouge, lorsque les veinules qui y constituent les filons, s'élargissent.

3°) Les faisceaux H_6, actuellement en exploitation au S.-E. d'Ehrenfriedersdorf, présentent un remplissage analogue au précédent : le quartz y est plus cristallin, à éclat quasi-vitreux, la fluorine violette en masses très-abondantes par places, un minéral chloriteux d'un vert foncé y remplace le talc, enfin les filons présentent très-souvent des veinules de feldspath rose concrétionné, entourant les mi-

néraux précédents et les mouches d'oxyde d'étain. L'orthose constitue souvent même l'unique gangue du minerai ; cette gangue est d'autant plus caractéristique, que ce feldspath ne présente aucune trace de transformation ultérieure ou d'altération, et que son aspect contraste avec l'état stéatiteux du feldspath que contient quelquefois le greisen (*).

Quelques-unes des veinules H_6 contiennent un remplissage analogue au greisen finement imprégné; ces veinules, dont le plongement diffère du plongement général du faisceau, rencontrent les fentes feldspathiques et sont coupées par ces dernières.

§ 5. *Exemples d'intersections et de remplissages.* — La direction moyenne du faisceau principal exploité dans la *kleine mittlere Vierung* est N. 80° E. avec plongement de 80° vers le S. Il passe nettement au travers d'un filon de grünstein de 2 mètres de puissance N. 168° E. avec un plongement de 70° vers l'E. et se fait couper par de petites failles N. 160° E. plongeant vers l'O. Le faisceau se compose d'une douzaine de veinules stannifères généralement feldspathiques aux points riches ; la veinule du toit, remplie d'un quartz grenu finement imprégné d'étain (greisen), plonge plus que les autres et les rencontre en hauteur; elle se fait couper par leur remplissage dans lequel l'étain est toujours en mouches ou en gros cristaux. Le mispickel s'associe volontiers au wolfram, rarement à l'étain.

A l'avancement vers l'Est, le faisceau stannifère se trouve accompagné par un filon barytique de même direction N. 78° E. avec plongement de 70° vers le N., qui rejette de 2 mètres les petites veines stannifères ; ce croiseur contient par places de la fluorine, de la barytine et

(*) Dans ces remplissages, la venue feldspathique est tout à fait analogue à celle de certains filons stannifères de Montebras (Creuse), qui d'ailleurs se rapportent aux mêmes systèmes de direction. (Notes inédites de M. Moissenet.)

des mouches de pyrite de cuivre; il est accompagné par quelques failles de même direction, absolument stériles, et dont l'une (schwebende) plonge à peine de 25° vers le N.

A l'étage de la galerie d'écoulement, à 90 mètres à l'Est du puits d'extraction, ces diverses fentes ont donné la coupe verticale représentée Pl. VIII, *fig.* 1, qui résume bien les faits observés.

§ 6. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — En résumé nous considérons comme plausible l'assimilation suivante des divers systèmes de filons observés à Ehrenfriedersdorf, avec les systèmes de montagnes.

Filons H_3. .	Westmoreland. . .	Greisen, quartz.
H_6. .	Land's-End.	Greisen, quartz, feldspath.
H_{8-9}.	Pays-Bas.	Barytine et fluorine.
H_{1y}. .	Mont Viso.	Idem. Idem.
H'_{5-6}	Alpes principales.	Minéraux argentifères.

Pour les trois derniers systèmes nous renvoyons aux faits observés dans les champs de Freiberg, d'Annaberg et de Joachimsthal.

CHAPITRE III. — ALTENBERG, ZINNWALD.

§ 1. *Constitution géologique.* — Les mines d'Altenberg et de Zinnwald occupent actuellement environ 300 ouvriers; le minerai exploité à Altenberg se compose presque exclusivement d'un greisen très-quartzeux, finement imprégné d'étain, et en contenant environ 0,30 p. 100. A Zinnwald on exploite aussi certains granites imprégnés d'étain, mais une partie du minerai extrait provient de véritables filons stannifères et se présente en mouches ou en cristaux; la teneur moyenne des roches extraites est de 0,50 p. 100.

La constitution géologique de ces deux célèbres gise-

ments, quoique fort étudiée et souvent décrite (*), ne paraît pas à l'abri de toute discussion ; nous adoptons, de préférence aux autres hypothèses, celle qui consiste à admettre que les deux pointements granitiques d'Altenberg et de Zinnwald se sont épanchés avant l'immense coulée de porphyres qui les a enveloppés comme un manteau.

Cette coulée porphyrique qui s'est épanchée à travers des fissures N. 175° E., dont on trouve la trace dans le gneiss sous-jacent, se compose d'une traînée de même direction de porphyres rouges quartzifères, traversés par des filons de porphyre vert à apparence syénitique. Leur direction que nous rapportons au Forez, et le fait qu'ils ont recouvert certains lambeaux de terrains anthraxifères nous les font rattacher aux porphyres du groupe n° I (page 144).

A Altenberg, le passage du porphyre quartzifère au granite se fait d'une façon insensible et par gradations : le porphyre dont la pâte feldspathique rouge ou brun foncé admet des noyaux de quartz enfumé brillant, passe d'abord à une roche brune quartzeuse et feldspathique, dans laquelle le quartz paraît en lamelles et non plus en noyaux ; puis vient une leptynite porphyroïde blanc-rosée à grain fin, pauvre en mica (mica noir), avec grands cristaux de feldspath, largement développés et contenant plus de 75 p. 100 de silice. Le quartz y forme souvent, comme dans l'Elvan du Cornwall, des cristaux bipyramidés, qui font de la roche un porphyre quartzifère. Ce granite-porphyre compose à vrai dire le pointement d'Altenberg ; à 220 mètres de profondeur, on ne trouve plus guère que lui ; mais plus haut, au centre du pointement, parait un greisen verdâtre ou noirâtre, à grains fins, presque exclusivement composé de mica foncé, de chlorite et de quartz. Les analyses de

(*) Daubrée, *Annales des mines*, 1849.

Müller. *Berg und Hüttenmännische Zeitung*, 22 mai 1865. — Scheerer, *id.*, 1863.

Scheerer semblent prouver que ce greisen provient d'une modification du granite précédent.

Le passage entre cette singulière roche et le granite se fait insensiblement, mais il est constant que le granite en contient des veinules, et l'on peut même saisir quelquefois, au centre de ces veinules, les minces fissures qui ont donné passage aux émanations transformatrices.

A Zinnwald, la roche dominante est un greisen à gros grains, identique à celui de Geyer, et composé comme lui de quartz évidemment cristallisé, et de mica blanc; la cassure des grains de quartz est blanche à éclat gras, bien différente de l'éclat vitreux des grains de quartz enfumé du porphyre voisin. Le greisen passe en profondeur et sur les bords à un granite également porphyrique, blanchâtre à feldspath argilo-sableux.

§ 2. *Direction des cassures du granite, remplissages.* — Le stockwerk d'Altenberg est aujourd'hui complétement concassé; de violents éboulements ont comblé les vides énormes creusés par les anciens mineurs, et l'exploitation se continue actuellement à travers une masse de blocs de toute grosseur dont l'abatage se fait par simple éboulement à l'extrémité des galeries, soigneusement soutenues par un boisage complet. Le greisen y est traversé, ainsi que le granite, par une multitude de fendillettes contenant surtout du fer oligiste, du molybdène sulfuré, et de la fluorine; on y voit aussi, mais plus rarement, des veines plus puissantes remplies d'un quartz à éclat gras, avec mica lithique en bandes largement développées (Pycnite); la topaze a été signalée à Altenberg dans une roche talqueuse; enfin l'étain, le wolfram, le bismuth natif, le mispickel, le cuivre sulfuré se présentent parfois; l'étain et le bismuth natif recherchent le greisen fortemen chloriteux. Les cassures affectent en général une direction N. E.-S. O.

A Zinnwald le pointement granitique s'est divisé hori-

zontalement en segments superposés ; les fentes ainsi produites se sont postérieurement remplies, et constituent de vrais filons-lits, horizontaux au centre du dôme, et dont le plongement sur les bords ne dépasse pas 25°. On connaît à Zinnwald 8 filons-lits principaux ; et un bien plus grand nombre de trums (*) ; l'espacement moyen des filons-lits exploitables est de 15 mètres ; il paraît diminuer en hauteur.

Leur remplissage se compose :

a) D'une bande de mica lithique largement développé, d'une couleur plombée, dont la face appuyée sur la salbande est plane, et ne se relie pas intimement au greisen ou au granite encaissant.

b) D'un ruban de quartz souvent puissant, composé de gros cristaux agglomérés, ou d'une multitude de lamelles bizarrement enchevêtrées ; la cassure de ce quartz est grisâtre ou jaunâtre à éclat gras ; il présente quelquefois des druses de dimensions considérables, et s'y développe en gros cristaux opaques, à double pointement.

Le quartz est parfois remplacé par un feldspath orthose rosé, à larges clivages cristallins.

c) Le tout se termine par une seconde bande de mica lithique symétrique avec la première.

C'est en beaux cristaux dans les druses du quartz, ou en mouches entre le mica et le quartz, que se présentent le plus souvent l'étain, le wolfram, le molybdène sulfuré, la fluorine, la scheelite, etc.

Outre ces filons-lits, le stockwerk de Zinnwald présente de vrais filons verticaux, généralement moins puissants que les précédents, mais offrant un remplissage identique qui passe des uns aux autres sans coupure. Ces filons ont une des deux directions

H_3. . . . . . . N. 48° E. qui est la plus fréquente.
H_9. . . . . . . N. 135° E.

(*) Ramifications secondaires d'un filon principal.

Leurs fentes paraissent souvent déviées ou même rejetées au passage des filons-lits; néanmoins on peut en suivre quelques-uns sur de grandes longueurs, et leur allure est régulière en direction et en profondeur.

On voit que les filons stannifères proprement dits sont ici de vraies pegmatiques rubannées et concrétionnées, à rapprocher des Topazfels, Berylfels et pegmatites du granite d'Eibenstock et de Schlackenwald.

§ 3. *Directions des cassures du porphyre. — Remplissages.*—Les fentes H_8 et H_9 ont été violemment réouvertes postérieurement à l'épanchement des porphyres voisins, et quelques-unes d'entre elles se sont transformées en failles qui rejettent de 15 mètres et plus les filons-lits, fentes et remplissages, tout en présentant par place des traces de ce même remplissage. Les réouvertures à 50° et à 135° se prolongent dans le porphyre : la réouverture H'_8 rejette la réouverture H'_9.

On trouve aussi aux environs d'Altenberg et de Zinnwald dans le porphyre quartzifère et syénitique les directions de cassures suivantes :

H_{11}. . . . . . . N. 170° E
H_6. . . . . . . N. 8½° E.
H_2. . . . . . . N. 20° E

Quelques-unes de ces fentes ont été exploitées pour étain ; le porphyre aux salbandes en paraît imprégné, et le filon même contient quelquefois, dans un feldspath argileux imprégné d'hématite rouge, des cristaux d'étain oxydé.

Dans ces mêmes filons on a signalé la blende noire et la galène, enfin quelques-unes des failles de Zinnwald ont contenu de la barytine (*).

Il est hors de doute que les fentes qui traversent le porphyre contiennent de l'étain chimiquement entraîné; mais elles paraissent se relier intimement aux failles qui ont réouvert à Zinnwald les anciens filons vraiment stanni-

(*) Müller.

fères, et constituer ainsi un gisement tout spécial de peu d'importance, dont il faut surtout se garder de confondre l'âge géologique avec celui des véritables venues stannifères de Zinnwald et Altenberg.

§ 4. *Comparaison avec les systèmes de montagne.* — En résumé nous croyons pouvoir rapporter les anciens filons H_3 et les quelques fentes perpendiculaires H_9 qui les accompagnent, au système du Westmoreland. Ce système serait ainsi caractéristique des fentes stannifères que contiennent les stockwerks de Saxe (Geyer, Altenberg, Zinnwald).

Les filons			
H_{11}	seraient dus	au Forez	Remaniements d'étain ; traces de blende et galène.
H_6	—	aux Pays-Bas. . .	
H_2	—	au Rhin.	
H'_9	—	au Thuringervald.	Barytine.
H'_3	—	à l'Erzgebirge. . .	

Section III. — Remplissages sulfurés anciens. — Champs de fractures de Freiberg et de Marienberg.

EIBERG.

CHAPITRE I. — Constitution géologique du champ de Freiberg.

§ 1. *Distribution topographique.* — Les environs immédiats de Freiberg constituent un pays peu accidenté, à travers lequel la Mulde, coulant du sud vers le nord, s'est creusé une vallée d'une médiocre profondeur, dont les nombreuses sinuosités paraissent volontiers affecter les directions N. 138° E. et N. 30° E.

Les épanchements grunsteiniques de Siebenlehn et de

Roswein constituent quelques escarpements qui tranchent avec les lentes ondulations que présente partout le gneiss des environs.

Les mines qui se rattachent naturellement à celles des environs immédiats de Freiberg, s'étendent au sud jusqu'à Brand et Erbisdorf, au nord jusqu'à Siebenlehn et Gersdorf, près Roswein, formant ainsi un champ d'exploitation quatre fois plus long que large, et dont les affleurements ont pu être suivis d'une part jusqu'à la vallée de l'Elbe, de l'autre jusqu'à Marienberg.

§ 2. *Données statistiques.* — Les mines de Freiberg ont occupé pendant l'année 1867-68 (*), 7.500 ouvriers et contre-maîtres travaillant dans plus de 150 districts différents; elles ont produit environ 31.500 tonnes de minerai préparé qui a donné :

30	tonnes 520	kilogrammes d'argent.
4.530	—	de plomb.
69	—	de cuivre.
586	—	de zinc.
0	—	6 kilogrammes de nickel et cobalt.
300	—	d'arsenic.
1.400	—	de soufre.

Le tout représentant une valeur d'environ 6.292.000 fr.

D'après M. de Bonnard, les mines de Freiberg occupaient, en 1808, 5.000 ouvriers répartis dans 150 districts, et produisaient annuellement environ 12 tonnes d'argent.

La production suit depuis quelques années une marche ascendante; de grandescompagnies se sont formées, englobant les petites mines, et les ressources dont elles disposent ont permis de pousser les travaux en profondeur : quelques exploitations sont actuellement à près de 600 mètres, on épuise les anciens travaux inondés pour les reprendre; enfin une nouvelle galerie d'écoulement débou-

(*) *Jahrbuch für den Berg und Hütten-Mann*, 1869.

chant au loin dans la vallée de la Mulde (Rothschönberger Stolln) a été entreprise et avance rapidement.

En 1867-68, il a été abattu environ 56.000 m^3, dont 6.000 de minerai à scheider, 9.000 de minerai à bocarder et 41.000 de stérile. Ce vide créé doit correspondre à 240.000 m^3 de stérile, laissés dans les mêmes filons et qui ne seront probablement plus explorés dans l'avenir. Chaque mètre cube abattu contenait en moyenne une valeur de 107 francs.

§ 3. *Situation des principales mines.*

Premier groupe. — Au voisinage immédiat de Freiberg se trouvent :

a) Au N.-O., le centre de Gross-Schirma (mine de Churprinz) ;

b) A l'est, la mine d'Himmelfahrt;

c) Plus loin au S.-E., la mine de Morgenstern et les anciennes exploitations du Rammelsberg (Friedrich, etc.).

Deuxième groupe.— Au sud de Freiberg, on connaît :

a) A l'extrémité S.-O. du champ de cassure, près Brand et Erbisdorf, la grande mine d'Himmelfürst ;

b) Au S.-E., la mine Mord-Grube ;

c) Au sud, la mine Beschert-Glück.

Troisième groupe.—Au nord de Freiberg, on peut citer:

a) A l'extrémité N.-O. du champ, la mine de Segengottes à Gersdorf, près Roswein;

b) Plus près de Freiberg, les centres de Braunsdorf et Voigtsberg (Gesegnete Bergmanns Hoffnung, Alte Hoffnung Gottes, etc.);

c) Au nord, les exploitations de Siebenlehn (Romanus, Vereinigt-feld), d'Obergrüna et Drehfed (Emanuel).

§ 4. *Constitution géologique de la contrée.*

Premier groupe. — Les environs immédiats de Freiberg sont presque exclusivement constitués par le gneiss gris, sillonné par quelques rares traînées de granite, de gneiss rouge et de porphyre.

La schistosité du gneiss gris présente à Himmelfahrt une orientation moyenne N. 106° E., avec un faible plongement de 5 à 25° vers le sud. Cette orientation paraît se modifier légèrement à l'est, vers le Rammelsberg; une longue traînée interstratifiée de gneiss rouge (*), dont la puissance varie de 50 à 200 mètres, y affecte la direction N. 130° E. On connaît aux environs quelques autres lambeaux de gneiss rouge et un long filon porphyrique, celui de Lössnitz, qui traverse les mines d'Himmelfahrt et de Morgenstern, et dont les affleurements sont visibles en bien des points, notamment près des usines de la Mulde.

Ce filon de porphyre quartzifère, dont la puissance moyenne est de 10 mètres, présente deux directions caractéristiques N. 140° E., et N. 170° E. Sa pâte feldspathique compacte, de couleur claire, admet une foule de petits grains brillants de quartz enfumé, et quelques rares cristaux d'orthose blanc; elle est pyriteuse par places. La composition et la direction de ce porphyre nous ont amenés (page 141) à le ranger dans le groupe n° 1 des porphyres antérieurs au terrain houiller.

La mine Morgenstern contient aussi un filon de felsitfels à pâte pétrosiliceuse, N. 26° E., qui accompagne sur toute sa longueur le filon Abendstern mgg.

La structure de ce premier groupe se résumerait donc ainsi : gneiss gris... plissements dus au Morbihan et au Land's-End.— Gneiss rouge... affecte la direction des anciennes cassures du Morbihan. — Porphyre quartzifère... injecte des cassures du Morbihan et du Forez. — Felsitfels à pâte pétrosiliceuse... injecte des cassures du Rhin.

Deuxième groupe.—Les environs de Brand et Erbisdorf sont composés par un certain nombre de variétés gneisiques qui présentent des passages entre le gneiss gris et le gneiss rouge (**).

(*) Vogelgesang.
(**) Müller. — Förster. *District d'Himmelfürst*, 1869.

a) Le Brander-gneiss est une roche éminemment schisteuse, identique au gneiss gris des environs de Freiberg.

b) Le Himmelfürster-gneiss paraît reposer sur le précédent, et présente une structure quasi-granitique ainsi qu'une partie des caractères minéralogiques du gneiss rouge. Il contient un lit de micaschistes granatifères très-quartzeux et très-schisteux, et se trouve séparé du Brander-gneiss par une traînée de gneiss rouge éruptif.

c) Le Vegefahrter-gneiss, qui se rattache intimement au précédent, paraît très-riche en mica, et isole des lentilles de quartz à éclat gras.

d) Les gneiss rouges éruptifs (Borstendorf, etc.) se présentent, avec leur texture granitoïde habituelle, dans toutes les formations précédentes, y compris les micaschistes granatifères. Leurs traînées dépassent rarement 20 mètres de puissance. Ils sont souvent en relation avec des dykes ou même de vrais filons de quartz ancien, parfois accompagné de mica foncé, largement développé en empilements hexagonaux (Prinz-Albert St., septième étage, à Himmelfürst).

Toutes ces roches sont disposées en bandes parallèles à la schistosité dont la direction moyenne est N. 124° E. avec oscillations entre 100° et 140°, et le plongement de 30° vers le sud. Les filons de quartz ancien sont généralement N.-S.

La mine Himmelfürst contient des filons de kersanton dioritique, analogue à celui de Przibram, avec la même pâte feldspathique foncée et le mica bronzé qui les caractérisent (*). Ils coupent toutes les roches précédentes, y

---

(*) L'analyse complète de ces kersantons nous a donné les résultats suivants :

Perte au feu	7,80	Vive effervescence.
Silice	49,20	Proportion attaquable par l'acide chlorhydrique concentré : 48 p. 100.
Alumine	20,20	
Protoxyde de fer	6,23	
Manganèse	traces	
Chaux	9,00	
Alcalis (autre échantillon)	7,00	
	99,43	

compris les filons quartzeux anciens, et présentent une direction N. 123° à 140° E., avec un plongement de 60 à 80° vers le S.-O.

En résumé, ce groupe offre une structure que l'on peut rapporter tout entière au système du Morbihan, légèrement influencé par le Land's-End, et peut-être par les Ballons. Les filons de quartz ancien remplissent des fentes que nous serons conduits à rapporter au système antésilurien de la Vendée.

Troisième groupe. — *a*) La mine de Segengottes, près Gersdorf, se trouve presque en entier dans le dôme que forme en ce point le gabbro de Roswein, qui s'est épanché d'une part sur la granulite, et se trouve en contact de l'autre avec les Thonschiefers vers l'Est, et les micaschites au S. et au N. Les filons métallifères, riches dans le gabbro, s'appauvrissent presque toujours dans les schistes.

Le gabbro de Roswein se compose d'une pâte noirâtre basaltique, dans laquelle on distingue de petits cristaux brillants de pyroxène, et des noyaux vers translucides de serpentine cristallisée. Naumann y signale le labrador. Ce grünstein, légèrement magnétique, est riche en chaux (*). Les filons qui le traversent se chargent de calcite et de dolomite. Nous avons eu l'occasion d'y voir un filon de feldspath rouge (pegmatite), dirigé à peu près E.-O. La granulite sur laquelle le grünstein repose, est très-compacte et presque exclusivement composée d'un feldspath jaunâtre cireux ; il y passe par gradations lentes et semble avoir métamorphisé cette roche sur une épaisseur de quelques

(*) L'analyse complète de ce gabbro nous a donné les résultats suivants :

Perte au feu.	3,85	Très-légère effervescence.
Silice.	40,40	Proportion attaquable par l'acide chlorhydrique concentré 57 p. 100.
Alumine.	20,90	
Protoxyde de fer.	10,00	
Chaux	22,00	
Alcalis et magnésie (autre échantillon).	4.00	
	101,15	

mètres. Cependant la séparation donne de l'eau. La granulite présente des lits ou bancs très-nets dirigés N. 27° à 33° E., avec un plongement de 25° vers le S.-E.; elle en offre outre des cassures fréquemment orientées N. 58° E. avec un plongement moyen de 40° vers le sud.

Vers le N., la frontière de ce grünstein affecte la direction N. 90° E., qui est aussi celle des micaschistes qui paraissent soulevés par lui; vers le S., il les a irrégulièrement déchirés; vers l'est, il est séparé des Thonschiefers qu'il paraît avoir soulevés, par une faille argileuse aquifère que la mine de Segengottes permet d'étudier à diverses profondeurs : elle a une direction moyenne N. 175° E., un plongement de 20 à 30° vers l'est, et contient par places un remplissage quartzeux, dolomitique et pyriteux. Les Thonschiefers présentent à son voisinage une schistosité concordante avec elle, et dont l'orientation est d'autant plus remarquable que la direction générale du système de schistes, auxquels ils se rattachent, est N. 90° E. Les Thonschiefers au voisinage du grünstein sont souvent blanchis et argileux.

b) Les environs de Siebenlehn sont constitués par un gabbro qui passe par places à la serpentine et se trouve en relation au N. avec les thonschiefers, à l'O. avec les micaschistes, à l'E. et au S. avec le gneiss gris.

La serpentine y forme une traînée N. 90° E. présentant des veinules de fer oxydulé magnétique dont elle est d'ailleurs finement imprégnée, ainsi que de pyrite; elle paraît fortement chargée de chaux et contient comme minéraux accidentels le talc, la chlorite, l'asbeste (*).

Le gabbro est essentiellement composé d'un feldspath gris bleuâtre (labrador) souvent moucheté de blanc (enstatite) et de vert (bronzite, pyroxène) (**). Il contient par places des

(*) Müller.

(**) Perte au feu. . . . . . 2,2 p. 100. Légère effervescence.
Richesse en silice. . . 46,8 p. 100.

veinules et même des filons d'un feldspath orthose rouge qui prend en certains endroits une grande puissance et se transforme en une pegmatite à grands éléments : quartz blanc à éclat gras, feldspath rouge cristallin, larges empilements de mica noir extrêmement brillant, baguettes courbées et cassées de tourmaline traversant toute la pâte qui s'est moulée sur elles.

Le gabbro de Siebenlehn est séparé des thonschiefers au N. par une faille contenant de la calcite, du quartz, des pyrites, et souvent aussi un feldspath orthose rouge : cette faille est dirigée N. 135° E. et plonge vers le N. Les filons métallifères que contient le grünstein, sont remarquables par leur richesse en chaux. Il est traversé, comme nous l'avons vu (page 142), par deux dykes de porphyres trachytiques récents dont les directions sont N. 130° E. et N. 170° E.

c) La grande formation de gneiss, qui commence au S. de Siebenlehn, débute par une zone de gneiss gris orientée à 120°, de Breitenbach à Obergrüna ; près de Drehfeld se montre une formation de gneiss rouge à texture granitique.

A l'Ouest, le gneiss gris très-schisteux avec bandes de gneiss à grain fin (granulit-gneiss de Müller), présente une orientation N. 52° E. près Klein-Voigtsberg ; un dérangement à 15° près Gross-Voigtsberg et une frontière nette à 52° avec un plongement de 45 à 60° vers le N.-O., de Braunsdorf à Gross-Schirma ; au delà commence la zone de schistes noirs qui sépare le gneiss des micaschistes, et où se trouvent de nombreuses éruptions de felsitfels.

En résumé la structure de ce groupe est à rapporter aux systèmes du Longmynd pour la granulite, du Morbihan et du Westmoreland qui semblent avoir seuls agi sur le gneiss, du Land's-End pour les schistes.

Deux dômes de grünsteins ont choisi les frontières de séparation des formations précédentes pour s'épancher ; ils sont certainement postérieurs au gneiss et à la granulite,

et probablement aux schistes qu'ils ont soulevés et métamorphisés. Ils sont traversés par des éruptions de serpentine contemporaines du Land's-End, et par des filons de feldspath rouge et de pegmatite qui affectent des directions E.-O. et N.-S., à rapporter également au Land's-End. L'âge de l'épanchement du gabbro lui-même nous paraît peu antérieur à ce système. Il est vraisemblable que les deux épanchements de Siebenlehn et de Roswein se rattachent à la longue traînée grünsteinique N. 50° E. dont les nombreuses coulées traversent et recouvrent les grauwackes de Mobendorf; ils sont exactement au point de croisement d'un faisceau Westmoreland avec un faisceau Land's-end.

Enfin des filons de porphyre quartzifère à 55° (système de Lisbonne), d'argilophyres à 26° (Rhin), de porphyres trachytiques à 170° (Forez réouvert) et à 130° (Thuringerwald), se présentent dans le troisième groupe en relations intéressantes avec les remplissages métallifères.

CHAPITRE II. — DES FILONS MÉTALLIFÈRES AU POINT DE VUE DE LEURS DIRECTIONS ET DE L'AGE RELATIF DES FENTES QU'ILS REMPLISSENT.

§ 1. *Directions des filons.* — Si l'on jette les yeux sur une carte (*) (Pl. VII), représentant les filons de Freiberg et la nature de leur remplissage dominant, on sera frappé de ce fait que le remplissage sulfuré à galène argentifère, qui forme la principale richesse du champ d'exploitation est réparti dans de nombreuses fentes dont les directions sont presque toujours comprises entre 0° et 90°.

Des croiseurs dont les directions oscillent entre 90° et 160°, coupent les filons précédents et présentent un rem-

(*) Voir la carte à grande échelle de Weinhold, complétée par Müller, 1866.

plissage tantôt simplement stérile, tantôt barytique avec ou sans accompagnement de fluorine, de minéraux cuprifères, de galène pauvre en argent, etc.

Ces croiseurs ont souvent contenu, à leurs intersections avec les filons précédents, une venue argentifère sporadique qui paraît plus jeune que toutes les autres.

Nous admettrons que ces divers remplissages se son succédé dans l'ordre suivant, que nous chercherons à justifier plus tard :

1° Quartz ancien Q.

2° Remplissage talqueux avec cristaux de mispickel T.

3° Venue sulfurée à galène riche S_1 tantôt exclusivement composée de sulfures, tantôt quartzeuse (qS_1), tantôt enfin dolomitique (S_1b).

4° Venue barytique B_1.

5° Venue barytique, avec accompagnement de fluorine et de minéraux cuprifères B_2.

6° Venue sulfurée à galène pauvre S_2, avec quartz et fluorine.

7° Venue barytique concrétionnée avec fluorine grenue B_3.

8° Venue calcifère et dolomitique C.

9° Venue argentifère sporadique A.

Filons anciens.—Les directions des filons anciens, c'est-à-dire de ceux dont les fentes existaient avant la venue S_1, se laissent grouper le long d'axes très-rectilignes, dont quelques-uns peuvent être suivis sur une grande longueur, et l'étude géométrique des plans de mine permet d'en dresser un premier tableau :

Filons à 8° importants.
— 24° les plus importants.
— 49° assez rares.
— 64° très-importants.
— 80° très-rares.

1° *Filons* N. 8° E.

FAISCEAUX. — Direction, plongement, longueur.	DISTRICTS.	NOMS des filons.
a. — N. 12° E. — O. 60°. Longueur : 11 kilom. (*).	Halsbrücke.	Nachtigall.
	Prophet Samuel.	Himmelfahrt Christi.
	Beschert Glück.	Clemens.
	Himmelfürst.	Kaiser Heinrich.
b. — N. 7° E. — O. 70°. Longueur : 5 kilom.	Beschert Glück.	David. Johannes.
	Himmelfürst.	Prinz Albert. Himmelfürst.
c. — N. 5°,30′ E. — O. 55°. Longueur : 15 kilom.	Freundliche Gesellschaft.	Trum.
	Himmelfahrt	Königseer. Selige Trost. Erzengel.
	Junge Hohe Birke.	Junge Hohe Birke.
	Vereinigt Feld.	Rudolph. Felix.

(*) Ce faisceau rencontre dans la mine Beschert Glück un groupe de filons à 24° et paraît l'arrondir.

2° *Filons* N. 24° E.

Ces filons paraissent avoir joué un rôle prépondérant dans toute la partie est et sud du champ de Freiberg; ils ont été, pour la plupart, suivis sans discontinuité d'Himmelfahrt à Himmelfürst, et c'est à leurs intersections avec les autres axes de filons anciens que se trouvent les plus riches exploitations. Dans sa partie largement exploitée, cette zone à 24° s'étend sur une longueur de 15 kilomètres et une largeur de 3 kilomètres, entre Freiberg et Hilbersdorf, d'une part, Nieder-Langenau et la forêt dite Freiberger Rathswald, de l'autre. Elle se prolonge probablement vers le S.-O. jusqu'aux environs de Marienberg où le Kaiser Heinrich sp. et quelques autres filons reproduisent à peu près sa direction, et où d'ailleurs on retrouve le remplissage qui la caractérise à Freiberg. Elle se décompose assez nettement aux environs de Freiberg, en cinq faisceaux principaux très-rectilignes, savoir :

FAISCEAUX.	DISTRICTS.	NOMS DES FILONS.
a. — N. 24° E. — O. 65°.	Sous Freiberg.	Silberner Bergmann.
	Himmelfürst.	Adler Flügel.
b. — N. 26° E. — E. 80°.	Himmelfahrt.	Ludwig St. Thurmhof.
	Beschert Glück.	Johann Georgen.
	Einigkeit.	Wilhelm. Sonnen Wirber.
	Himmelfürst.	Gregorius. Beschert Glück. Jung Niklas.
c. — N. 19° E. — O. 80°.	Himmelfahrt.	Jupiter. Frisch Glück.
	Kröner.	Junger Löwe. Heinrich. Kröner. Hohe Birke.
	Mord Grube.	Loth. Tscherper Roth. Mord Gruber.
	Vereinigt Feld.	Robert. Weisser Schwann.
d — N. 25° E.	Morgenstern.	Gotthold.
	Junge Hohe-Birke.	Freudenstein. Weisser Löwe.
	Vereinigt Feld.	Drei Eischner. Johannes. Christoph. Felix.
e — N. 29° E. — O. 25°.	Morgenstern.	Ludwig St. Abendstern.
	Vereinigt Feld.	Gottlob. Gerhardt.

Les filons à 24° se rencontrent encore en alignement net au N.-O. de Freiberg, de Friedeburg à Grüneburg, et de Lössnitz à Hals.

On en trouve aussi de nombreux exemples dans les mines des environs de Braunsdorf et dans celles de Siebenlehn; mais les filons n'y ont plus été suivis sur de grandes longueurs.

3° *Filons* N. 49° E.

Ils paraissent constitués par d'anciennes fentes réouvertes en diagonales entre les faisceaux à 24°. Nous n'en signalerons qu'un seul faisceau, surtout important à Himmelfahrt et Morgenstern (Abraham mgg., Morgenstern mgg., Unschuld mgg.), mais dont on peut suivre le prolongement vers le S.-O. jusqu'aux environs de Saint-Mi-

chaelis près Himmelfürst (Wille Gottes mgg.). — Son plongement moyen est de 85° vers l'ouest.

4° *Filons* N. 64° E.

Ils sont surtout abondants au N.-O. de Freiberg où ils constituent la majeure partie des filons exploités; on en connaît cependant un faisceau au sud de Freiberg. Leur plongement moyen est de 75° vers le nord.

FAISCEAUX.	DISTRICTS.	NOMS DES FILONS.
a — 65°	Friedrich (Rammelsberg)	Neue Hoffnung Mgg.
	Himmelfürst	Concordia. Glückauf.
b. — 64°. Longueur: 3 kilom.	Rade Grube	Abraham. Wilhelm.
	Alte Hoffnung Gottes	Unverhofft Glück.
c. — 65°. Longueur: 2 kilom.	Emmanuel	Reimsberger Glück.
	Hilfe Gottes	Friedrich.
d. — 64°. Longueur : 2 kilom.	Romanus	Bruno. Numa.
	Vereinigt Feld (Siebenlehn)	Ernst.
e. — 62°.	Segen Gottes	Maria. Joseph. Wolfgang.

5° *Filons* N. 80° E.

Plongeant vers le nord, ces derniers forment quelques faisceaux vraiment distincts des précédents; l'un d'eux comprend Helmrich et Traugott sp. (Gesegnete Bergmanns Hoffnung), et Michaeli sp., et se prolonge ainsi sur près de 3 kilomètres de long; on peut citer encore quelques trums de Concordia et de Jung sp. (Himmelfürst), comme offrant nettement la même direction; nous verrons bientôt que l'étude de détail des intersections et des diverses ramifications filonniennes assigne à cette direction une importance, que n'aurait pas fait soupçonner le peu de développement des filons très-anciens qui la suivent.

Croiseurs. — Les filons du deuxième groupe dont les fentes paraissent postérieures à l'arrivée du remplissage S_1,

ont été beaucoup moins suivis en longueur que ceux du groupe précédent; cependant l'un d'eux, le Halsbrückner sp., a été exploré et est connu sur une longueur de plus de 6 kilomètres. Il se compose de trums à 99° et à 126°; le système à 99° contient les remplissages S_2, B_8; le système à 126° présente les remplissages B_1 et B_2.

On connaît aussi des croiseurs à 160° et à 116°; le remplissage B_2 est fréquent dans les filons à 160°; les fentes à 116° sont en général des failles stériles. Ces divers croiseurs plongent vers le sud dans la partie méridionale du champ, vers le nord dans la partie septentrionale.

1°) *Croiseurs à* 99°. — Ce sont de beaucoup les plus nombreux; ils paraissent dans toutes les parties du champ de Freiberg :

Krebs sp. à Segen gottes; Holländer sp. à Gesegnete Bergmanns Hoffnung; Drei Prinzen sp. à Churprinz; Schwarze Farbe sp. à Beschert Glück, etc.

2°) *Croiseurs à* 116°. — Ils ne se présentent en faisceau nettement accusé qu'au S.-O., à Himmelfürst, et au N.-O. près Roswein (Kaiser Heinrich sp.).

3°) *Croiseurs à* 126°. — Ils constituent deux faisceaux principaux, tous deux aux environs immédiats de Freiberg.

a) Faisceau à 126° alignant, sur une longueur de 6 kilomètres, le Saturnus sp., le Christoph Fl., le Laura Fl. (Morgenstern), le Hoffnung sp., le Neue Hoffnung sp., l'Eduard sp. (Himmelfahrt).

b) Faisceau à 126° alignant, sur une longueur de 7 kilomètres, le Drei Fürsten sp. (Beihilfe), le Halsbrückner sp., le Ludwig sp. (Churprinz).

4° *Croiseurs à* 160°. — Ils forment près Brand (Vertrau auf Gott, Teich Fl., etc.) une seule zone, mais d'une longueur et d'une importance exceptionnelles, puisqu'on en retrouve le prolongement à Segen Gottes, à plus de 25 kilomètres de distance.

A Segen Gottes, cette zone est représentée par le filon Elias Fl., dont la direction est N. 154° E.

§ 2. *Des intersections.* — L'étude attentive de l'allure des filons en profondeur, et de leurs intersections respectives, conduit à modifier singulièrement le tableau relativement simple, que l'on pourrait, à première vue, dresser de leur histoire; un premier fait d'une grande importance consiste en ce qu'un certain nombre des filons du deuxième groupe sont doubles : on en peut citer de chacune des quatre séries ci-dessus énumérées, qui sont coupés par le remplissage S_1, ou le contiennent plus ou moins disloqué par de violentes réouvertures, et côte à côte avec les remplissages plus récents. Nous donnerons comme exemple, pour les filons à 99°, le Drei Prinzen sp. (Churprinz), le Krebs sp. (Segen Gottes), le Schwarze-Farbe sp. (Beschert Glück); pour les filons à 116°, un certain nombre des croiseurs à faible plongement de la partie méridionale de Himmelfürst; pour les filons à 126°, le Neue Hoffnung sp. (Himmelfahrt) et presque tous les filons barytiques de Morgenstern ; enfin pour les croiseurs à 160°, la plupart des filons de cette direction à Himmelfürst : Vertrau auf Gott, Teich Fl., etc.

On arrive ainsi à la conviction que les réouvertures ont joué à Freiberg un rôle prépondérant, et la complication même des phénomènes tend à faire penser que la plupart des fentes sont à rapporter à d'anciens systèmes de montagnes.

L'étude des faits qui paraissent dominer les détails ne nous en paraît pas moins importante, et nous la résumerons ici, en donnant un premier aperçu de l'ordre d'âge que les intersections réciproques assignent aux directions précédemment citées.

GROUPES DE FILONS.	Direction.	REMPLISSAGES.
	degrés.	
1er Groupe. — Filons à.	49 80 64	S_1.
2e Groupe. — Filons à.	8 24	
3e Groupe. — Croiseurs à.	126 160	B_1, B_2.
4e Groupe. — Croiseurs à.	99 116	S_2, B_2.

§ 3. *Tableaux des intersections et des réouvertures observées.*—Nous donnons, dans les tableaux qui suivent, les exemples d'intersections que l'étude de détail des mines de Freiberg nous a présentés. Les filons y sont rangés par ordre d'âge, en commençant par les plus anciens.

DISTRICT MINIER.	ÉTAGE (1).	NOM DU FILON rejeté.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (2).	NOM DU FILON rejetant.	Direction.	Plongement.	Remplissage.
		Filons H_{11-12}. — N. 172° E.								
		Intersection avec les filons H_9.								
Himmelfürst. . . .	6-7	Trums de Léopold. .	degr. 170	»	Q	*a*	Kersantons.	degr. 140	»	»
		Intersection avec les filons H_3.								
Himmelfahrt. . . .	3 1/2	Trum.	175	»	Q	*a*	Moritz Mgg.	49	E.	S_1
		Intersection avec les filons H_2.								
Himmelfürst. . . .	6-7	Trums.	170	»	Q	*a*	Leopold St.	24	»	S_1
		Filons H_9. — N. 135° E.								
		Intersection avec les filons H_3.								
Himmelfahrt. . . .	3 1/2	Trum d'Hoffnung Sp.	140	S.	Q	*a*	Trum de Moritz Mgg.	50	E.	S_1
		Intersection avec les filons H_{11}.								
Himmelfürst. . . .	8	Trum d'Auguste Sp.	130	N.	S_1	*a*	Kalb St.	160	O.	S_1
		Intersection avec les filons H_2.								
Morgenstern. . . .	»	Friedrich Sp.	130	S.	$S_1B_1B_2$	*r*	Abendstern Mgg. . .	28	O.	S_1
		Intersection avec les filons H_{8-9}.								
Himmelfahrt. . . .	11	Tr. de Neue Hoffn. Fl.	139	S.	S_1	*a*	Neue Hoffnung Fl. .	130	S.	B_1B_1
		Intersection avec les filons H_{7-8}.								
Beschert Glück. . .	»	Tr. de Ferdinand Fl.	139	N.	S_1b	*a*	Friedrich August. . .	113	S.	[illegible]
		Filons H_3. — N. 46° E.								
		Intersection avec les filons H_6.								
Himmelfürst. . . .	7	Trum.	49		stérile	?	Jung Sp.	89	S.	stérile
		Intersection avec les filons H_4.								
Friedrich.	1-2	Tr. d'Hoffnung Mgg.	45	E.	S_1	*a*	Hoffnung Mgg. . . .	65	E.	S_1
Idem.	1	Glück Mgg.	46		S_1	*a*	Idem.	70	E.	S_1
		Intersection avec les filons H_{0-1}.								
Himmelfürst. . . .	7	Molchner St.	45	O.	S_1b	*a*	Himmelfürst St. . .	7	E.	S_1
		Intersection avec les filons H_2.								
Himmelfahrt. . . .	9 1/2	Gottlob Mgg.	45	E.	S_1	*a*	Christian St.	21	S.	S_1
		Intersection avec les filons H_{8-9}.								
Himmelfahrt. . . .	10-10 1/2	Abraham Mgg.	45	E.	T-S_1	*a*	Neue Hoffnung Fl. .	130	S.	B_1B_1
Idem.	10 1/2	Idem.	48	E.	T-S_1	*a*	Christian Fl.	134	S.	B_1
Idem.	2	Cornelius Mgg. . . .	40	droit	S_1	*a*	Hoffnung Sp.	125	S.	B_1
Idem.	3 1/2	Kirschbaum Mgg. . .	40	O.	S_1	*a*	Trum d'Hoffnung Sp.	138	S.	B_1
		Intersection avec les filons H_{10}.								
Segen Gottes. . . .	2	Trum de Maria. . . .	52	O.	qS_1b	*a*	Faille.	150	»	stérile
		Intersection avec les filons H_{6-7}.								
Morgenstern. . . .	»	Morgenstern Mgg. .	45	O.	S_1	*a*	Guten Morgen. . . .	102	S.	B_1B_1

(1) On compte en moyenne 48 mètres par étage.
(2) a. Filons anciens dont les fentes existaient avant la venue S_1. | n. Filons nouveaux dont les fentes sont postérieures à [illegible] | r. Filons doubles : fentes anciennes réouvertes.

[DIST]RICT MINIER.	ÉTAGE (1).	NOM DU FILON rejeté.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (2).	NOM DU FILON rejetant.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (2).
Filons H_6. — N. 90° E.											
Intersection avec les filons H_4.											
...en Gottes. . . .	1-2	Krebs Sp.	degr. 93	S.	qS_1bB_2	*r*	Maria.	degr. 68	N.	qS_1bB_2	*r*
Intersection avec les filons H_{0-1}.											
...chert Glück. . .	2	Schw. Farbe Sp. . . .	92	S.	stérile	*r*	Clemens St.	12	O.	S_1b	*a*
[Id]em.	2	Walter Sp.	95	S.	stérile	*r*	Idem.	12	O.	S_1b	*a*
...gnete Berg-...nns Hoffnung.	»	Helmrich Sp.	80	N.	qS_1	*a*	Gottlieb St.	14	O.	qS_1	*a*
[Id]em.		Idem.	80	N.	qS_1	*a*	Johannes St.	7	O.	qS_1	*a*
...prinz.	8	Drei Prinzen Sp. . .	85	N	stérile	*r*	Trums.	8	»	qS_1	*a*
Intersection avec les filons H_2.											
...elfürst. . . .	7	Trum.	103	»	qS_1	*a*	Leopold St.	24	»	qS_1	*a*
...rgmanns Hoff-...ng (3).	»	Helmrich Sp.	80	N.	qS_1	*a*	G. B. Hoffnung Mgg.	30	O.	qS_1	*a*
[Id]em.	»	Idem.	80	N.	qS_1	*a*	Christoph Mgg. . . .	33	O.	qS_1	*a*
...prinz.	8	Drei Prinzen Sp. . .	85	N.	stérile	*r*	Ferdinand St.	22	O.	qS_1	*a*
Intersection avec les filons H_{8-9}.											
...nstern. . . .	2	Nimmdich in acht. .	92	S.	S_1B_2	*r*	Tr. de Guten Morgen.	130	O.	B_1B_2	»
...aeli.	»	Michaeli Sp.	82	N.	qS_1	*a*	Otto Fl.	135	S.	B_1	*r*
Intersection avec les filons H_{10}.											
...n Gottes. . . .	1 1/2	Moses Mgg.	80	N.	qS_1B_2	*r*	August Fl.	157	E.	B_2	»
...prinz.	8	Drei Prinzen Sp. . .	85	N.	stérile	*r*	Neptune Fl.	152	droit	stérile	»
...n Gottes. . . .	2-3	Krebs Sp.	9.	S.	qS_1b	*r*	Faille.	155	»	stérile	»
[Id]em.	3	Idem.	93	S.	qS_1b	*r*	Elias Fl.	152	droit	B_2	»
Intersection avec les filons H_{6-7}.											
...gnete B. Hoff-...ng.	»	Kelmrich Sp.	80	N.	qS_1	*a*	Holländer Sp.	99	N.	B_1	*r*
...prinz.	»	Drei Prinzen Sp. . .	85	N.	stérile	*r*	Drei Prinzen Sp. . .	99	N.	S_2B_3	*r*
Filons H_4. — N. 64° E.											
Intersection avec les filons H_2.											
...manns.	Wolfst.	Bruno Mgg.	67	N.	qS_1	*a*	Tr. de Vespasian St.	23	O.	qS_1	*a*
...reinigt feld. . .	Stolln.	Ernst Mgg.	67	N.	qS_1	*a*	Trums.	24	O.	qS_1	*a*
Intersection avec les filons H_{10}.											
...ist Bescherung.	»	Wilhelm.	64	N.	qS_1	*a*	Friedrich Fl.	157	E.	stérile	»
...es Gottes. . . .	3	Joseph Mgg.	65	N.	qS_1b	*a*	Elias Fl.	152	droit	B_2	»
[Id]em.	2 1/2	Wolfgang Mgg. . . .	64	N.	qS_1b	*a*	August Fl.	160	E.	C	»
Intersection avec les filons H_{6-7}.											
...o Gottes. . . .	3	Joseph Mgg.	65	N.	qS_1b	*a*	Faille.	107	»	stérile	*r*
Intersection avec les filons H_1.											
...rich.	2	Hoffnung Mgg.	67	E.	S_1	*a*	Wolfgang St.	5	O.	stér. A	*r*
Filons H_{11}. — N. 167° E.											
Intersection avec les filons H_{0-1}.											
...reinigt-feld. . .	Stolln.	Fortuna St.	169	»	qS_1	*a*	Trums.	7	»	qS_1	*a*

(1 et 2) Voir les notes explicatives à la page 184. | (3) Müller.

DISTRICT MINIER.	ÉTAGE (1)	NOM DU FILON rejeté.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (1).	NOM DU FILON rejetant.	Direction.	Plongement.	Remplissage.
					Intersection avec les filons H_{5-6}.					
			degr.					degr.		
Himmelfürst. . . .	7	David Fl.	161	O.	S_1b	*a*	Concordia Mgg. . . .	75	S.	S_1C
Idem.	7	Felix Fl.	178	O.	S_1b	*a*	Idem.	82	S.	S_1C
					Intersection avec les filons H_2.					
Himmelfürst. . . .	6-7	Seidenschwanz. . . .	162	E.	S_1	*a*	Molchner St.	26	O.	S_1
					Intersection avec les filons H_{8-9}.					
Mordgrube.	5	Leander Fl.	168	O.	S_1	*a*	Faille.	122	»	stérile
					Intersection avec les filons H_{10}.					
Himmelfürst. . . .	»	Teich Fl.	165	O.	S_1b	*a*	Teich Fl.	165	O.	B_1S_1b
					Intersection avec les filons H_{6-7}.					
Himmelfürst. . . .	7	Jupiter Fl.	158	O.	S_1b	*a*	Jung Sp.	99	»	stérile
Idem.	»	Idem.	160	O.	S_1	*a*	Donat Sp.	100	S.	id.
Mordgrube.	5	Tobias Fl.	165	»	S_1	*a*	Tr. de Jung Himmlisch Heer.	97	S.	id.
					Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Himmelfürst. . . .	2	Seidenschwanz. . . .	162	E.	S_1	*a*	Donat Sp.	112	S.	stérile
					Filons H_{0-1}. — N. 6° E.					
					Intersection avec les filons H_{5-6}.					
Beschert Glück. . .	5-6	Johannes St.	10	droit	S_1b	*a*	Tr. de Friedrich Sp.	75	S.	C
					Intersection avec les filons H_2.					
Himmelfahrt. . . .	8-8 1/2	Erzengel.	8	O.	S_1	*a*	Frischglück St. . . .	27	O.	S_1
Mordgrube.	3	Jung Mordgrübner. .	5	O.	S_1	*a*	Loth St.	23	O.	S_1
G. Berg. Hoffnung.	»	Gottlieb.	12	»	qS_1	*a*	Christoph Mgg. . . .	33	»	qS_1
					Intersection avec les filons H_{8-9}.					
Himmelfahrt. . . .	10 1/2	Trum.	7	»	S_1	*a*	Neue Hoffnung. . . .	130	S.	B_1
Himmelfürst. . . .	8	Silberfund St.	8	droit	S_1bC	*a*	August Sp.	125	N.	stérile
Idem.	7	Victoria St.	3	O	S_1b	*a*	Idem.	125	N.	id.
Mordgrube.	5	Leander St. (au N.).	0	O.	S_1	*a*	Heinrich Sp.	122	S.	C
Idem.	5	Gross Schönberg St.	5	O.	S_1	*a*	Idem.	122	S.	C
					Intersection avec les filons H_{10}.					
Beschert-Glück. . .	5-6	Johannes St.	14	droit	S_1b	*a*	Grüngarten Fl. . . .	150	O.	stérile
Himmelfürst. . . .	7	Dorothea St.	70	E.	S_1b	*a*	Vertrau auf Gott. . .	163	O.	id.
					Intersection avec les filons H_{6-7}.					
Beschert-Glück. . .	5-6	Johannes.	7	droit	S_1b	*a*	Tr. de Friedrich Sp.	102	S.	stérile
Idem.	5-6	Idem.	7	id.	S_1b	*a*	T. de Schwarze Farbe.	39	S.	id.
					Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Beschert-Glück. . .	4	Johannes.	10	droit	S_1b	*a*	T. de Schwarze Farbe.	114	S.	stérile
Idem.	5-6	Idem.	0	»	S_1b	*a*	Tr. de Friedrich Sp	119	S.	C
Mordgrube.	3	Jung Mordgrübner. .	5	O.	S_1	*a*	Trums.	113	»	stérile
					Filons H_{5-6}. — N. 81° E.					
					Intersection avec les filons H_{10}.					
Himmelfürst. . . .	7	Jung Sp.	75	S.	stérile	*r*	Vertrau auf Gott Fl.	163	O.	S_1B_1

(1 et 2) Voir les notes explicatives à la page 184.

…EIER.	ÉTAGE (1)	NOM DU FILON rejeté.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (2).	NOM DU FILON rejetant.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouvertures (2).
		Filons H_2. — N. 24° E.									
		Intersection avec les filons H_{8-9}.									
			degr.					degr.			
…gestern. . . .	»	Abendstern Mgg. . .	25	droit	S_1	*a*	Friedrich Sp.	126	S.	B_1B_2	*r*
…melfahrt. . . .	7	Frischglück.	26	O.	S_1	*a*	Neue Hoffnung Fl. .	130	S.	B_1	*n*
…ern.	2	Glückstern.	20	O	S_1	*a*	Hoffnung Sp.	125	S.	B_1	*n*
…ern.	9 1/2	Frischglück.	17	O.	S_1	*a*	Failles.	130	»	stérile	*n*
…en	5	Krieg-und-Friede. .	26	»	S_1	*a*	Hoffnung.	128	S.	id.	*n*
…tgrube.	5	Loth St.	17	O.	S_1	*a*	Faille.	132	»	C	*n*
…melfahrt. . . .	»	Ludwig St.	23	O.	S_1	*a*	Ludwig Sp.	126	»	B_1A	*n*
		Intersection avec les filons H_{6-7}.									
…melfürst. . . .	6-7	Leopold St.	24	»	S_1b	*a*	Jung Sp.	65	S.	stérile	*r*
…en.	7	Idem.	24	»	S_1b	*a*	Donat Sp.	105	S.	C	*n*
…tgrube.	5	Loth St.	17	O.	S_1	*a*	Jung Himmlisch Heer Sp.	95	»	stérile	*r*
…rinz.	6	Friedrich St.	25	O.	qS_1	*a*	Tr. de Drei Prinzen.	95	»	B_3	*r*
		Filons H_{8-9}. — N. 129° E.									
		Intersection avec les failles H_{3-4}.									
…drich.		Tr. de Saturnus. . .	135	S.	B_1	*n*	Neue Hoffnung. . . .	57	E.	stérile	*r*
		Intersection avec les filons H_{6-7}.									
…prinz.	»	Ludwig Sp.	120	N.	B_1	*n*	T. de Drei Prinzen Sp.	100	N.	S_2B_3	*r*
…gestern. . . .	2	Tr. de Guten-Morgen Sp.	132	S.	B_1	*n*	Trum.	102	S.	B_2	*r*
		Intersection avec les failles H_{2-3}.									
…melfahrt. . . .	8-8 1/2	Unbennannt.	129	S.	B_1	*n*	Tr. de Frischglück. .	25	O.	stérile	*r*
…gestern(3). . .	»	Jacob Sp.	130	S.	B_1	*n*	Tr. de Ludwig St. . .	29	O.	id.	*r*
…em (3).	»	Abraham Sp.	130	S.	B_2	*n*	Idem.	29	O.	id.	*r*
		Failles H_{3-4}. — N. 57° E.									
		Filons H_{10}. — N. 155° E.									
		Intersection avec une faille E. O.									
…ten Gottes. . . .	1 1/2	August Fl.	157	N.	B_2	*r*	Faille.	75	S.	stérile	*n*
		Filons H_{6-7}. — N. 99° E.									
		Intersection avec une nouvelle réouverture E. O.									
…prinz.	»	Drei Prinzen Sp. . .	99	N.	S_2	*r*	Drei Prinzen.	99	N.	B_3	*r*

Filons H_{7-8} — N. 114° E.

Failles H_1. — N. 5° E.

Failles H_{2-3}. — N. 28° E.

Réouvertures récentes O. E.

(1) Voir les notes explicatives à la page 184. | (2) Vogelgesang.

Les observations qui précèdent ne suffisent pas à classer définitivement, l'une par rapport à l'autre, toutes les fentes qui y sont mentionnées : les intersections relatives aux anciens filons réouverts sont rarement nettes, et d'ailleurs plusieurs faisceaux n'ont pas encore été explorés à leurs points de rencontre.

Nous mentionnons dans le tableau qui suit les points de repère que nous donnent néanmoins ces observations ; ils ne sont pas eux-mêmes à l'abri de toute controverse.

Tout au moins ressort-il de cet ensemble de faits qu'il existe à Freiberg plus de seize systèmes de fentes différents, car malgré les incertitudes que nous venons de signaler, il est facile de voir qu'aucun d'eux ne peut rentrer dans un des précédents : ils diffèrent tous les uns des autres par l'âge ou pour la direction. Pour une telle complication de phénomènes, les intersections, avec leurs causes multiples d'erreur, ne suffisent plus : on ne doit leur demander que des points de repère qui permettent de comparer avec sûreté le tableau des systèmes de filons à celui des soulèvements qui ont eu des retentissements au voisinage.

Ordre chronologique.	SYSTÈMES DE FILONS et de failles.	REMPLISSAGES.	
1	H_{11-12}	Antérieur à Q	
2	H_9	— Q	
3	H_3	— T	
4	H_8 H_{11}?	— S_1	
5	— H_4	— S_1	
6	— H_{11}	— S_1	
7	H_{0-1}	— S_1	
8	— H_{5-6}	— S_1	
9	H_2	— S_1	
10	H_{8-9}	Antérieur à B_1	Postérieur à S_2
11	— H_{3-4}	— B_2	— B_1
12	— H_{10}	— B_2	
13	H_{6-7} / H_{7-8}	Antérieurs à S_2	Postérieurs à B_2
14	— H_1	Antérieur à A.	Postérieur à B_2
15	— H_{2-3}	. . . . . .	— B_2
16	Réouvertures EO.	Antérieures à A.	Postérieures à B_2 et S_2

4. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — Si nous nous reportons au tableau des systèmes de montagnes de la Saxe (page 152), nous pouvons, dès à présent, assimiler avec quelque probabilité

Les filons	H_9 aux anciennes fentes		du Morbihan.
—	H_3	—	du Westmoreland.
—	H_6 aux retentissements		du Land's-End.
—	H_2	—	du Rhin.
—	H_{8-9}	—	du Thuringerwald.
—	H_{7-8}	—	des Pyrénées.
Les réouvertures E.-O.		—	des Alpes principales.

Ces points de repère vont nous permettre de déterminer les systèmes auxquels il faut rattacher les réouvertures des filons H_{11-12}, H_6, H_4, H_{0-1} et H_2 (*).

1° *Réouverture des filons* H_{11-12}. — *a*) Les fentes H_{11-12}, qui sont remplies de quartz ancien antérieur aux Kersan-

(*) Nous admettrons comme démontré, pour le champ de Freiberg, le principe suivant : les réouvertures violentes d'anciennes fentes déjà existantes ne sont produites en général que par des systèmes de montagnes à peu près parallèles ou plus rarement perpendiculaires aux directions des réouvertures.

Nous entendons par réouverture violente une réouverture par *glissement* avec accompagnement de glaces et d'argiles étirées aux salbandes : les réouvertures par écartement sont plus rares et présentent des caractères tout différents; le remplissage nouveau y est en général continu. Tels ne sont pas les phénomènes qui ont accompagné la plupart des réouvertures à Freiberg; le remplissage S_1 dans les anciens filons, B_1 dans les filons H_{8-9}, B_2 dans les H_{10} de Segengottes, sont les seuls remplisssages *continus.* Les remplissages qui ont suivi les réouvertures, sont au contraire en colonnes séparées par de longs intervalles stériles; exemple : les remplissages S_2 et S_3 dans le Drei Prinzen Sp; le remplissage B_2 dans les H_6 réouverts; le remplissage argentifère A dans la plupart des croiseurs.

Dans l'hypothèse où le frottement intervient, le phénomène des réouvertures est comparable au phénomène des cassures proprement dites : dès lors le principe du parallélisme des accidents contemporains lui est applicable.

tons d'Himmelfürst, et probablement contemporain du gneiss rouge, ne peuvent être rapportées qu'au système de la Vendée; elles se présentent d'ailleurs dans le champ de Freiberg, comme antérieures à toutes les autres cassures, y compris les H_9 et les H_8.

b) Les filons H_{11} sont certainement antérieurs aux H_{0-1} et postérieurs aux H_9; nous avons vu que la direction H_{11-12} a subi des réouvertures d'importance inégale, la première à peu près contemporaine du Land's-End, la seconde à rapporter au Forez, et à l'époque des éruptions de porphyres n° 1; c'est au Forez qu'il faut sans doute rapporter le plus grand nombre des filons H_{11}.

c) Les filons H_{10} ne nous ont pas offert à Freiberg d'intersection nette avec les H_{8-9}; à Himmelfürst, ils se présentent constamment comme de simples réouvertures des anciennes fentes H_{11}; à Segen Gottes, au contraire, comme des fentes récentes à remplissage B_2, coupant le remplissage S_1; dès lors, leur assimilation n'est possible qu'avec le système du mont Viso, que nous savons déjà très-marqué dans la Saxe, où il constitue de puissants filons ferrugineux : l'étude de détail des remplissages nous amènera à préciser cette analogie.

2° *Réouvertures des filons* H_6. Un des faits les plus importants qui résultent des observations consignées au paragraphe précédent, est l'ancienneté et le nombre considérable des fentes H_6, pour la plupart stériles, que présente le champ de Freiberg. Tous les filons de cette direction qu'il nous a été donné d'étudier de près : le Drei Prinzen Sp. à Churprinz, les prétendus croiseurs stériles ou barytiques des mines Beschert Glück, Morgenstern, etc., sont des filons doubles, rarement minéralisés; mais dont les fentes primitives sont antérieures au remplissage S_1, et aux systèmes H_{0-1}, H_2.

a) Dès lors, les filons H_6 ne peuvent être assimilés qu'au Land's-End, dont nous avons vu les nombreux et remar-

quables retentissements sur la géologie générale de la Saxe. Leur direction est assez variable : ils oscillent entre 80° et 100° ; toutefois le nombre des fentes comprises entre 90° et 100° est de beaucoup le plus considérable. Cette incertitude dans la direction des filons H_6 s'explique par ce fait que le Land's-End a aussi agi dans les environs de Freiberg sur la schistosité des roches encaissantes : ce sont plutôt des fentes de plissement que des failles produites à grande distance par le contre-coup d'un système éloigné ; dans de pareilles conditions, le parallélisme des accidents n'est jamais très-rigoureux.

b) Ceux des filons H_6 dont la direction est voisine de 80°, ont été probablement réouverts par le système H_{5-6}, qui nous présente quelques exemples de fentes postérieures aux filons H_{5-1} ; comme d'ailleurs elles contiennent le remplissage S_7, on ne peut les assimiler qu'au système des Pays-Bas.

c) Ceux des filons H_6, dont la direction est voisine de 100°, ont été violemment réouverts par les filons H_{6-7}, et ces derniers sont en relation constante avec les fentes généralement stériles du système H_{7-8} (Pyrénées) qui leur paraissent contemporaines : nous citerons ici l'exemple des filons Friedrich Sp., Schwarzfarbe Sp. (Beschertglück).

d) Le Drei Prinzen sp. offre le cas relativement rare d'un filon H_{6-7} minéralisé ; le remplissage S_8 qu'il contient par place en abondance, y a été concassé par une violente réouverture, et ses morceaux aigus sont entourés par un remplissage concrétionné de barytine B_8. Or la réouverture qui a donné passage au remplissage S_8 doit être rapportée aux Pyrénées ; nous verrons d'autre part qu'un dernier soulèvement E.-O., postérieur à tous les autres remplissages, a précédé la venue argentifère A ; il faut donc rapporter la réouverture B_8 à un système compris entre les Pyrénées et les Alpes principales : le Tatra seul nous paraît remplir les conditions d'âge et de direction nécessaires.

c) Citons enfin ici cette dernière réouverture E.-O. antérieure à la venue argentifère, probablement contemporaine des Alpes principales, et que nous aurons occasion d'étudier en détail, à Joachimsthal (*).

3°) *Réouverture des filons* H_4. — *a*) Les filons H_4 se distinguent des fentes H_3 par leur orientation moyenne qui en diffère de plus de 18°, par la direction très-rectiligne en faisceaux très-allongés que présentent les fentes H_4, tandis que les veines H_3 sont en général sinueuses et peu suivies en longueur; enfin nous avons cité quelques exemples d'intersections d'ailleurs difficiles à observer, qui tendent à établir la priorité des filons H_3. Ces derniers se rapportent vraisemblablement au Westmoreland, tandis qu'il y a toute probabilité pour que les filons H_4 aient été produits par le système du gneiss de Mobendorf (primitif de Lisbonne), qui leur est à peu près parallèle, et dont les traces violentes sont si nettes dans le voisinage immédiat de Freiberg.

b) La mine de Friedrich nous présente l'exemple très-net d'une réouverture H_{3-4}, postérieure au remplissage B_1. Le filon Neue-Hoffnung mgg. N. 57° E., plongeant vers le sud, rempli d'un quartz, avec mouches de pyrite cuprifère à rapporter au remplissage S_1, est traversé au voisinage de Saturnus sp., N. 132° E., par une multitude de veinules barytiques à remplissage B_1 ; plusieurs des trums de Neue-Hoffnung ont, postérieurement à B_1, subi des réouvertures le long de leurs salbandes, et ces réouvertures rejettent plusieurs fois les filets barytiques (Pl. VIII, *fig.* 2).

Quelques filons anciens H_4 de Segen Gottes ont été réouverts postérieurement au remplissage S_1 et ont admis le remplissage B_2 dans leur réouverture (ex. Maria mgg.).

En résumé la réouverture H_{3-4} paraît peu importante:

(*) Un des puits de Churprinz a laissé jaillir en profondeur une source thermale.

elle est postérieure à B_1 et antérieure à B_2; c'est probablement un des rares retentissements que le système de l'Erzgebirge et de la Côte-d'Or ait eus dans les plaines de la Saxe.

4° *Réouverture des filons* H_{0-1}. — *a*) Le système H_{0-1} est nettement intercalé à Freiberg entre le soulèvement H_4 (Lisbonne), et les filons H_2 (Rhin). Dès lors il ne peut y avoir aucun doute relativement à son assimilation avec le système du nord de l'Angleterre. Comme vérification, les filons H_{5-6} (Pays-Bas) lui paraissent postérieurs, et les filons H_{11} (Forez) lui sont antérieurs.

b) La mine de Friedrich nous présente un filon H_{0-1}, le Wolfgang st. N. 5° E., plongeant vers l'ouest, que les anciens mineurs ont activement exploité aux étages supérieurs, et qui en profondeur se comporte comme un large faisceau de failles stériles, présentant seulement quelques traces de fluorine et de remplissage argentifère. Ces failles sont postérieures au remplissage S_1 et paraissent couper le remplissage B_1. Le seul système de montagnes postérieur au Thuringerwald qui puisse être comparé à la réouverture du Wolfgang, est celui de la Corse et de la Sardaigne (*).

5° *Réouverture des filons* H_2. — *a*) Les filons H_2 qui se rapportent si exactement, comme direction et comme âge relatif, au système du Rhin, sont les plus récents des filons anciens, antérieurs au remplissage S_1; les exemples de rejet de ces filons, fente et remplissage, par les H_{8-9} à remplissage barytique B_1, sont pour ainsi dire classiques.

b) Un fait moins connu, et cependant assez général à Freiberg, consiste dans la réouverture de ces filons H_2, qui sont quelquefois accompagnés aux salbandes par des failles argileuses, non-seulement postérieures au remplis-

(*) On sait combien le système de la Corse et de la Sardaigne est important, au point de vue des remplissages sulfurés récents, en Hongrie et en Toscane. Peut-être serait-il intéressant de reprendre l'exploration du Wolfgang st.

sage S_1, mais aussi coupant les barytines B_1 et B_2. Ce phénomène se trouve être, à Schneeberg, non plus l'exception, mais la règle, ainsi que nous le verrons plus tard.

Frischglück st., N. 21° E., dans la mine Himmelfahrt, nous en a présenté un exemple remarquable au sud de Neue Hoffnung Fl., dans les abatages entre le 8 et le 8 1/2 étage. Il y coupe, aux salbandes, un croiseur barytique B_1, dont le remplissage traverse néanmoins la venue sulfurée S_1 qui remplit Frischglück st. (Pl. VIII, F. 3).

Ludwig st. (*) coupe de même le Jacob et l'Abraham sp., ainsi que leurs remplissages B_1 et B_2 ; il ne contient lui-même que des morceaux de quartz pris dans des argiles (Pl. VIII, *fig.* 4).

Enfin certains filons de la mine de Himmelfürst, H_{0-1} et H_2, ont subi une réouverture violente qui a été postérieurement remplie par une calcite blanche, englobant des morceaux concassés de remplissage S_1 : ainsi le Silberfund st. H_{0-1}, entre le huitième et le neuvième étage est croisé et rejeté de cette façon par un beau trum exclusivement calcifère et pyriteux ; la direction de ce trum est comprise entre 20 et 30°.

Nous résumerons les faits qui précèdent dans le tableau suivant, dans lequel nous avons mis en regard :

1°) Les systèmes de filons, de croiseurs et de failles, avec les réouvertures auxquelles ils correspondent ;

2° Les systèmes de soulèvements que l'étude générale de la Saxe nous a conduits à admettre ;

3°) Enfin les principaux systèmes de montagnes de l'Europe.

(*) Vogelgesang.

SYSTÈMES de montagnes de l'Europe.	Direction.	Systèmes de la Saxe	Direction.	RETENTISSEMENTS PRÈS FREIBERG.	Systèmes de filons.	Réouvertures.	Direction.	Remplissages.
	degr.	n^{os}	degr.				degr.	
endée.	170	1	170	. . . .	H_{11-12}	»	172	Q
ongmynd.	35	2	34					
orbihan.	140	3	135	Gneiss gris et rouge près Brand. . . . Filons de porph. I. — de Kersantons.	H_9	»	135	Q S_1
estmoreland. . . .	63	4	51	Gneiss près Braunsdorf.	H_3	»	46	T S_1
and's-End.	96	5	95	Gneiss près Freiberg : Gabbros, Serpentine, Pegmatites.	H_6	H'_{11-12}	90	S_1
allons.	111	6	106	Gneiss d'Himmelfürst.				
isbonne.	60	7	59	Filons de porphyre I.	H_4	»	64	S_1
orez.	177	. . .	165	Filons de porphyre I et III.	H_{11}	H''_{11-12}	167	S_1
S. de l'Angleterre. .	7	. . .	. . .	. . . .	H_{0-1}	»	6	S_1
Pays-Bas.	94	8	. . .	. . . .	H_{5-6}	H'_6	81	S_1
Rhin.	24	9	28	Filons de felsitfels (porphyre III). . .	H_2	»	24	S_1
Thuringerwald. . . .	132		130	Filons de porphyre trachytique III. . .	H_{8-9}	»	129	B_1 B_2
Mont Seny.	43	10						
Côte-d'Or.	56	11	57	. . . .	H_{3-4}	H'_4	57	stérile
Mont Viso.	162	12	160	. . . .	H_{10-11}	H''_{11-12}	155	B_2
Pyrenées.	114	13	117	. . . .	H_{7-8}	H''_6	116	S_2
Corse et Sardaigne	178	. . .	. . .	. . . .	H_1	H'_{0-1}	5	st. et A
Tatra.	94	. . .	. . .	. . . .	»	H'''_6	»	B_3
Alpes occidentales.	33	14	34	. . . .	H_{2-3}	H'_2	28	st. et C
Alpes principales. .	79	15	78	. . . .	H_{5-7}	H''_6	»	A
Ténare.	168	16	170					
Etna-Ténériffe. . . .	78	17	75					

Nous ferons au sujet du tableau précédent les observations suivantes : malgré la complication que présentait la liste complète des filons et des failles observées à Freiberg, cette liste qui se compose de dix-huit systèmes ou réouvertures différents, coïncide d'une façon remarquable avec la liste des soulèvements que l'étude géologique du pays nous avait fait reconnaître, indépendamment des phénomènes filonniens; elle répond aussi très-exactement à la série générale des systèmes de montagnes de l'Europe, et présente par rapport à cette série quelques points de repère sur lesquels il convient d'insister dès à présent.

Tels sont, par exemple, les deux systèmes du Rhin et du Thuringerwald, que reproduisent avec la plus grande netteté les filons H_2 et H_{8-9} des environs immédiats de Freiberg. Telles sont aussi les nombreuses réouvertures des filons H_6 (Land's-End, Pays-Bas, Pyrénées, Tatra, Alpes principales).

Un seul de ces systèmes de réouverture, celui des Pyrénées, s'éloigne d'une façon notable de la direction du Land's-End : nous avons vu que son action s'est manifestée, surtout au sud de Freiberg, près Brand et Erbisdorf, où il a produit des fentes stériles N. 114° E., et violemment réouvert les anciens filons H_6 : les fentes à 114° présentent de plus cette particularité qu'au S.-O. de la mine Himmelfürst, à l'extrémité même du champ d'exploitation actuel de Freiberg, elles ont réouvert d'anciennes fentes d'un faible plongement (40 à 60°) vers le sud, et qui sont précisément parallèles à la schistosité de la roche encaissante N. 116° E. ; ces anciens filons que nous avons à dessein omis des classifications précédentes, sont certainement à rapporter à la cause même qui a influencé en dernier lieu la schistosité aux environs d'Himmelfürst ; peut-être y a-t-il lieu d'y voir un retentissement du système des ballons, qui a d'ailleurs si peu agi sur les terrains stratifiés de la Saxe. Les quelques épanchements de grünstein, affectant dans les thonschiefers une direction N. 110° E., sont toujours à la limite d'une des trois zones si caractérisées que les plis du Land's-End y ont tracées, et aux points où ces plis se raccordent avec ceux des autres systèmes.

CHAPITRE III. — DES REMPLISSAGES.

§ 1. *Remplissages au point de vue géologique.* — Nous donnons ici une liste générale des remplissages que présentent les filons de Freiberg, liste qui s'applique d'ailleurs à tous les filons métallifères de la Saxe, postérieurs aux filons d'étain.

Nous chercherons ensuite à justifier l'ordre adopté, par quelques-uns des exemples que présentent les mines de Freiberg.

Venues anciennes, accidentelles à Freiberg.

Q. Quartz cristallisé souvent accompagné de mica, cas-

sure à éclat gras, couleur d'un blanc jaunâtre. Ce quartz a été signalé dans les filons H_{11-12} et H'_9 ; il est à Himmelfürst probablement contemporain du gneiss rouge, et certainement antérieur aux kersantons.

T. Mélange d'un remplissage talqueux, argileux, blanc verdâtre, avec des cristaux souvent assez développés de mispickel, isolés dans la pâte, et développés en semis uniforme.

Nous ne l'avons trouvé que dans les filons H_8 à Himmelfahrt.

V_1. *Venue sulfurée.* S_1.—Elle se présente à Freiberg dans tous les filons anciens, y compris les H_2 : elle se compose généralement des remplissages suivants :

1°) Quartz ancien grenu, grisâtre, à cassure cireuse, paraissant souvent imprégner la roche encaissante, et généralement accompagné de mouches de pyrite et de mispickel, ou de cristaux de Weisserz (mispickel argentifère de Braunsdorf, contenant 3 à 6 p. 1000 d'argent).

2°) Mélange caractéristique de blende noire, galène, pyrite (fer et cuivre), et mispickel. Dans ce mélange, la blende paraît souvent la plus ancienne; puis vient la galène contenant 1,5 à 2 p. 1000 d'argent; on peut constater la trace d'une petite dislocation précédant l'arrivée des pyrites, souvent très-abondantes; les fendillettes d'arrivée de ces pyrites rejettent alors les veinules de galène et de blende noire; mais elles contiennent aussi ces deux minéraux, ce qui semble prouver une série de dissolutions et de dépôts successifs.

3°) Quartz coupeur après dislocation, tantôt en veinules, tantôt en veines comparables au reste du remplissage ; ce quartz est très-blanc et sa cassure présente un éclat laiteux.

4°) Manganèse carbonaté et dolomite rose.

5°) A ces carbonates succède ou se mêle un quartz cristallisé semi-transparent, à cassure vitreuse, avec mouches de galène contenant jusqu'à 5 millièmes d'argent, et traînées plus rares de mispickel, de blende brune, de poly-

telite (tétraédrite argentifère et très-peu cuprifère), d'argent rouge non remanié et bien en place, d'argent sulfuré, etc.

6°) Dolomite plus récente rose, rouge ou jaune.

V_2). *Venue barytique* B_1. — Elle remplit les filons H_{8-9}, et quelquefois les H_6 réouverts.

Baryte sulfatée, blanche ou rouge à grandes faces, de clivage généralement seule, quelquefois accompagnée d'un quartz grenu grisâtre avec mouches de galène, bournonite, cuivre gris.

V_3). *Venue ferrugineuse* F_1. — Elle remplit certains filons H_{8-9}, H_{10}, mais se présente très-rarement à Freiberg.

a) Quartz grenu ferrugineux d'un rouge mat (Rother Horn).

b) Quartz cristallin améthiste, souvent concrétionné, à cassure vitreuse.

c) Fer oligiste en cristaux et hématite rouge compacte; ne se présente guère à Freiberg que dans les druses de la barytine B_1.

V_4). ***Venue barytique*** B_2, ***avec fluorine*** R_1, ***et minéraux ferreux*** F_2. Elle se présente à Freiberg dans les filons H_{10}.

a) Fluorine cubique présentant des colorations variées, formant de grandes druses; quelquefois accompagnée d'un fer carbonaté dolomitique jaune-miel, et presque toujours caractérisée par la présence en quantité notable de minéraux cuprifères, cuivre gris, cuivre pyriteux.

b) Barytine blanche ou rouge, très-analogue à B_1; présentant un plus grand nombre de petites facettes cristallines.

Les filons F_1 sont en partie contemporains de la venue V_4; à l'hématite rouge succède une hématite brune et des minerais manganésifères certainement postérieurs à B_1.

V_5). *Venue sulfurée* S_2 *avec fluorine* R_2. — Elle n'a été signalée jusqu'à présent que dans les réouvertures H_{6-7}, contemporaines des Pyrénées. Elle se compose d'un quartz

blanc à cassure saccharoïde, identique au Zucker-quartz de Schneeberg. Il se présente en mélange intime avec la fluorine massive et cristallisée, et contient de grandes mouches de galène à clivages brillants, très-pauvre en argent (4 à 6 dix-millièmes). Elle est parfois accompagnée d'une blende jaunâtre.

C'est à cette période que nous rapportons certaines combinaisons antimonifères et cobaltifères (Mobendorfer spiessglaserz Formation).

V_6) *Venue barytique* B_3 *avec fluorine* R_2. — Réouverture violente des H_{6-7} déjà remplis de la venue S_2. Elle comprend une barytine concrétionnée jaunâtre, avec alternances de fluorine et lits intercalés de marcassite et de galène concrétionnées.

V_7 *Venue de calcite*. C.—Contemporaine des réouvertures H_{2-3} (Alpes occidentales).

La calcite se présente à Freiberg avec des âges très-différents, et, notamment près des grünsteins, il doit y en avoir de très-ancienne. Néanmoins elle ne paraît guère dans les druses que postérieurement à toutes les venues précédentes, et nous avons eu occasion d'en signaler la présence à l'état de venue puissante dans certaines réouvertures très-récentes. Elle y est fréquemment associée à des dolomites de coloration variée. La pechblende et l'arsenic natif, dont on a signalé la présence à Freiberg, doivent lui être adjoints.

V_8 *Venue argentifère*. A. — Minéraux d'argent en druses au croisement des filons récents réouverts par les dernières secousses EO (Alpes principales), avec les anciens filons à remplissage S_1.

§ 2. *Des groupement habituels des minéraux et des relations qui existent entre les diverses venues.*

Q. Quartz ancien. — Le Moritz mgg H_8 (Himmelfahrt, 3 1/2 str.), au voisinage de Hoffnung Sp., coupe, fente et remplissage, deux filons argileux avec veinules de quartz

ancien, H_9 et H_{11-12}. On peut facilement constater dans le croiseur une veinule continue de galène S_1 (Pl. VIII, *fig.* 5).

Dans les abatages voisins de Moritz mgg., les apparences se modifient de la façon indiquée Pl. VIII, *fig.* 6, et l'on peut voir dans cet exemple la complication que les phénomènes de réouverture introduisent à Freiberg : le filon Hoffnung Sp., H_{8-9}, qui est voisin du point étudié, a réouvert un certain nombre des anciennes fentes H_{11-12} et H_9 ; celles-ci ont rejeté les veinules de galène du Moritz mgg. ; puis une réouverture H_{3-4} a fait jouer les salbandes de ce dernier filon, de manière à donner les rejets multiples observés en dernier lieu.

T. *Remplissage talqueux mispickélifère.* — Il se présente en abondance dans le Gottlob mgg. H_3 (Himmelfahrt), en compagnie du remplissage S_1, qui lui paraît nettement postérieur et remplit, de ses veinules, les fendillettes de la roche talqueuse.

V_1. *Remplissage sulfuré* S_1. — Les différents minéraux qui composent la grande venue métallifère de Freiberg, se trouvent très rarement tous ensemble dans les mêmes filons; ils forment volontiers certains groupements caractéristiques, auxquels les mineurs allemands ont donné des noms spéciaux.

1°) *Edle-quartz-Formation.* — Association des quartz n°s 1, 3 et 5 (§ 1, page 198) avec le mispickel et les minéraux argentifères. Cette association se présente souvent en compagnie des sulfures n° 2 qui sont alors plus argentifères que de coutume, et quelquefois avec la dolomite n° 6.

2°) *Kiesige - Formation.* — Association des quartz et sulfures n°s 1, 2, 3, fréquemment accompagnés de la dolomite n° 6.

3°) *Edle-braunspath-Formation.* — Association des sulfures, quartz et carbonates n°s 4, 5, 6, fréquemment accompagnés des venues n°s 1, 2.

1°) L'*Edle-quartz-Formation* paraît surtout au nord et

au nord-ouest de Freiberg; presque exclusivement quartzeuse près des épanchements porphyriques de Braunsdorf, elle est accompagnée, dans le gabbro de Siebenlehn, par une puissante formation de calcite, qui paraît surtout en réouverture dans les H_2 des mines Romanus et Vereinigt-feld; dans le gabbro de Roswein, on constate, outre la calcite, une venue dolomitique antérieure aux barytines.

Ainsi la mine gesegnete Bergmanns-Hoffnung, à Braunsdorf, nous présente les associations suivantes :

a) Quartz ancien et blende noire (n[os] 1 et 2).

b) Quartz récent (n° 5), cristallisé dans les druses, et contenant dans ses cassures de l'argent rouge et de la pyrite (Pl. VIII, *fig.* 7).

Le filon H_6 Krebs mgg. à Segen Gottes, dans les abatages au-dessous du 2[me] étage, présente un exemple de ces diverses associations; très-puissant et composé d'un grand nombre de veines en faisceau, il offre dans chacune d'elles les remplissages suivants (Pl. VIII, *fig.* 8) :

a) Quartz ancien (n° 1).

b) Sulfures métallifères (n° 2) intimement reliés au quartz précédent; la pyrite, avec enduits rouges oxydés, y domine et présente une richesse de 1 millième d'argent.

c) Dolomite jaunâtre (n° 6), contenant des morceaux cassés à angles aigus du remplissage précédent.

d) Le même filon présente par places, sur la dolomite précédente, des filets de fluorine avec enduits cuivreux R_1,

e) et une barytine compacte à petites facettes B_2, avec druses de cristaux de barytine, de quartz et de calcite.

L'apparence générale de ce remplissage est nettement rubannée; une faille béante H_{10} (157°) coupe le filon précédent et son remplissage, y compris la dolomite; ajoutons que cette faille appartient à un système de fentes dans lesquelles on trouve les remplissages R_1 B_2 (Elias fl.)

Le Wolfgang mgg. H_4 (2 1/2 étage), le Moses mgg. H_6

(abatages au-dessus du 1 1/2 étage) présentent le même remplissage que le Krebs mgg.

2°) La *Kiesige-Formation* paraît surtout dans les mines des environs immédiats de Freiberg; elle est activement exploitée à Himmelfahrt, dont les filons nous en offrent de nombreux exemples; ainsi le Frischglück St. H_2 nous présente le remplissage suivant :

a) Blende noire et galène à reflets foncés (n° 2).

b) Veines multiples de pyrite de fer coupant (*a*).

c) Quartz blanc laiteux, en large bande de réouverture, au cœur du filon (n° 3).

Le Gottlob mgg H_3, en un point où son remplissage talqueux mispickélifère n'existe pas, nous a présenté la coupe suivante :

a) Quartz grisâtre à éclat gras avec mouches de pyrite de fer (n° 1).

b) Blende noire (n° 2).

c) Galène à clivages courbes au cœur du filon, avec veinule continue de pyrite de cuivre, mispickel, pyrite de fer, moulant les angles de la galène.

Enfin l'Erzengel mgg., H_{0-1}, non loin de son croisement avec le Frischglück st. (6 — 7e étage), présente la coupe suivante :

a) Quartz et cristaux de mispickel (n° 1).

b) Blende noire avec veinules de galène plus récente (n° 2).

c) Mispickel massif, quartz, mouches de pyrite et de galène (n° 2).

d) Quartz blanc laiteux (n° 3), avec druses de cristaux de calcite, et veinules de braunspath rose (Pl. VIII, *fig.* 9).

Nous avons vu que la *Kiesige-Formation* se présentait aussi dans les mines du Nord (Gersdorf, Braunsdorf) ; nous n'en donnerons qu'un exemple fourni par le Traugott mgg. (Gesegnete Bergmanns Hoffnung) H_{5-6} :

a) Quartz grisâtre à texture grenue (n° 1).

b) Blende et galène (n° 2).

c) Pyrite de fer (n° 2).

d) Quartz blanc laiteux en large veine (n° 3) (Pl. VIII, *fig.* 10).

Cette même venue existe et paraît dominer dans les filons des mines du Sud, où elle est en relation avec la *Braunspath-Formation;* ainsi dans les abatages entre le 7ᵐᵉ et le 8ᵐᵉ étage de la mine Himmelfürst, le Molchner st. H_2 croise et rejette le Seidenschwanz Fl. H_{10-11} (Pl. VIII, *fig.* 11); l'ancienne fente H_{10-11} est argileuse au point même d'intersection; rejetée d'environ 1ᵐ.60 dans l'angle aigu, elle présente à quelques centimètres de là un remplissage de pyrite avec galène. La fente H_2 se bifurque au N.-E., et présente au toit un remplissage quartzeux avec mouches de mispickel, qui remplit exclusivement le filon au point même où il coupe la fente du Seidenschwanz; le trum du mur contient :

a) Le même quartz avec mispickel (n° 1).

b) Un mélange de galène et pyrite, identique à celui que contient le Seidenschwanz (n° 2).

c) Des veinules récentes de dolomite rougeâtre.

La *Kiesige-Formation* présente dans les mines Morgenstern et Friedrich, à l'est de Freiberg, une richesse inaccoutumée en pyrite cuivreuse.

3°) L'*Edle-braunspath-Formation* paraît surtout au sud et au sud-ouest de Freiberg; la mine Beschert-Glück, entre Freiberg et Brand, en présente des exemples remarquables: ainsi le Ludwig St. H_2 offre dans ses nombreuses ramifications, souvent presque horizontales :

a) Un mélange de quartz ancien (n° 1) avec blende noire et pyrites.

b) Une dolomite rose avec délits pyriteux et galénifères.

c) Une bande dolomitique jaunâtre avec infiltrations quartzeuses.

Très-souvent son remplissage se compose seulement :

a) D'un manganèse carbonaté rose contenant un quartz cristallisé (ayant la semi-transparence du camphre) avec mouches de galène, mispickel, fahlerz argentifère et argent rouge, le tout bien compacte.

b) D'une dolomite jaunâtre en veinules coupeuses.

Le Traugott st. présente, dans la même mine, le remplissage suivant :

a) Galène en masses clivables cubiques.

b) Blende noire et pyrite de fer, traversées de veinules quartzeuses.

c) Dolomite rose, contenant des lamelles cassées de la pyrite précédente.

V_2, V_3, V_4. — *Venues barytique, ferrugineuse, fluorée.* — Les exemples de croisements des filons à remplissage S_1, par les veines contenant les barytines B_1 ou B_2, sont excessivement nombreux à Freiberg. Nous avons déjà eu occasion d'en signaler quelques-uns; nous en citerons un ici qui montrera de quelle façon les fentes H_{8-9} se sont quelquefois superposées à d'anciens filons H_9, précédemment remplis par S_1. Le rejet de l'Abraham st. H_3, par le Neue Hoffnung Fl. H_{8-9}, se fait, au 10 1/2 étage d'Himmelfahrt, en un point où le filon H_{8-9} s'est ouvert au mur de quelques anciennes fentes H_9, qui le rejoignent sous un angle très-aigu (Pl. VIII, *fig.* 12).

Le Neue Hoffnung Fl. présente comme unique remplissage une barytine rouge compacte à grandes faces de clivage.

Les fentes H_9 contiennent :

a) Quartz et blende noire (n°s 1 et 2).

b) Veinule de galène (n° 2).

c) Barytine blanche massive.

d) Fluorine incolore avec druses de fluorine violette.

L'Abraham st. contient :

a) Galène (n° 2) avec mouches de pyrite et de mispickel.

b) Veinule de quartz plus récent (n° 3).

Le Neue Hoffnung Fl. présente en certains points un rem-

plissage plus complexe : on y observe des veinules de quartz grenu avec mouches de galène courant entre deux filets de barytine l'une rouge, l'autre blanche (10me étage, près Abraham st.); quelquefois aussi la barytine y est accompagnée d'une dolomite, tigrée de taches de fahlerz.

La venue B_1 ne se montre guère qu'aux environs de Freiberg, dans les filons H_{8-9}, ou à côté d'eux dans les H_6 réouverts. Le remplissage du Halsbrückner sp. H_{8-9}, suivi sur une grande longueur, en donne un exemple net; on y a trouvé (*) :

a) Un quartz grenu, grisâtre, avec mouches de galène pauvre, de fahlerz, de bournonite, en petite quantité;

b) Ce quartz est tantôt antérieur, tantôt intimement mélangé à la barytine massive qui compose pour ainsi dire à elle seule le remplissage normal du filon (B_1) ;

c) Cette barytine, blanche ou rouge, présente souvent dans les druses des cristaux de fer oligiste, représentants rudimentaires de la grande venue ferrugineuse qui se montre si développée dans le granite d'Eibenstock, et sur la ligne de faîte de l'Erzgebirge (F_1) ;

d) Puis vient comme minéral accidentel la dolomite ferrugineuse ou le fer carbonaté (F_2) ;

e) Et avec ou après lui une venue relativement importante de fluorine, accompagnée de pyrite cuprifère (R_1) ;

f) A la fluorine succède un quartz récent qui a une grande tendance à pseudomorphiser l'ancienne barytine; il présente parfois aussi les formes de la dolomite; à ce quartz est souvent associée une blende jaune à grains fins; nous le rapportons à la venue V_8;

g) Enfin on trouve dans les druses des boules concrétionnées de barytine fibreuse rouge ou jaune (V_6), et des cristaux de calcite.

Les croiseurs des mines du N.-O. contiennent surtout la

(*) Müller.

venue V_4 qui y paraît très-développée : ainsi l'Elias fl. qui coupe à Segen Gottes toutes les fentes à remplissage S_1, présente presque constamment :

a) Une fluorine à grands cristaux cubiques, avec accompagnement de pyrite de cuivre, de fahlerz, d'enduits cuprifères ;

b) Une barytine rose à petites facettes ;

c) Des druses de barytine et de calcite cristallisées.

Ce remplissage a pénétré, comme nous l'avons vu, les réouvertures des anciens filons (Krebs, Maria, Moses) ; on y trouve, associés à la barytine, des cristaux de fer oligiste (Maria).

Les croiseurs des mines du sud, H_{6-7}, H_{7-8}, sont au contraire généralement stériles, ou seulement dolomitiques et calcifères. La barytine et la fluorine ne s'y présentent guère que dans les H_{10-11} réouverts, et seulement à l'état de masses isolées : ainsi le Vertrau auf Gott fl. (Himmelfürst) H_{10-11}, assez près du point où il rejette la fente stérile du Jung sp. H_{6-7}, contient par place de magnifiques poches de barytine :

a) Blende noire (S_1 n° 2) ;

b) Barytine blanche en masse (B_1) ;

c) Fer carbonaté en cristaux lenticulaires jaune-miel (F_2) ;

d) Barytine blanche cristallisée ;

e) Cristaux de marcassite.

Les mines de l'est présentent dans leurs filons, pour la plupart réouverts, la venue cuprifère et barytique V_4, elle y est par place en relation avec la barytine V_2 ; et ces exemples sont d'autant plus intéressants qu'ils se présentent plus rarement : dans la mine Morgenstern, près du nouveau puits au deuxième étage, le Guten morgen sp. présente une série d'anciens trums H_{5-6} (on y a trouvé le remplissage S_1), coupés et rejetés par des fentes H_{8-9}. Les deux systèmes de filons contiennent de la barytine B_1 massive, mais une réouverture postérieure paraît avoir dislo-

qué les trums H_{5-6}, et on y trouve par place de la fluorine R_1 et de la barytine B_2 avec enduits cuivreux. Un de ces trums traverse nettement, avec son remplissage récent, un filon H_{8-9} et son remplissage B_1 (Pl. VIII, *fig.* 13).

Nous avons déjà cité (*) l'exemple de l'Abraham sp. H_{8-9} coupé par le Ludwig st. réouvert et argileux (page 194, Pl. VIII, *fig.* 4); l'Abraham sp. se compose de deux trums :

1°) Au toit, barytine blanche B_1 avec quelques mouches de galène, et druses de pyrite et de barytine cristallisée ; ce trum est souvent argileux;

2°) Au mur, barytine rouge, fluorine, pyrites de fer et de cuivre, fahlerz, galène, argent sulfuré et natif (**).

Le deuxième trum paraît plus jeune que le premier ; ils coupent tous les deux, à peu de distance de la faille du Ludwig st., le Johannes st. qui n'a pas été réouvert.

V_5, V_6.— *Venue sulfurée* S_2, *barytique* B_2.— Le remplissage sulfuré S_2 ne se présente avec une certaine abondance, près Freiberg, que dans le filon Drei Prinzen sp. de la mine Churprinz; nous avons eu occasion de prouver (page 191) que le Drei Prinzen sp. est un ancien filon H_6 qui a subi des réouvertures violentes, postérieures au Ludwig sp. H_{8-9}, et au remplissage habituel de ce dernier (B_1, B_2).

Le Drei Prinzen sp., très-irrégulièrement rempli, présente en certains points une puissance considérable qui peut atteindre 6 mètres; il se compose alors d'un faisceau de veines parallèles, remplies de la même façon et contenant (Pl. VIII, *fig.* 15) :

a) Un quartz grenu cristallin à cassure saccharoïde, avec druses et mouches de fluorine, masses clivables brillantes de galène foncée, et noyaux de calcédoine avec paillettes de blende jaunatre (V_5) ;

b). D'alternances, souvent très-nombreuses, de barytine

(*) Vogelgesang.
(**) Vogelgesang.

concrétionnée jaunâtre, de fluorine grenue, de marcassite et de galène fibreuse en minces délits et en rognons (V_6). Le remplissage (*b*) enveloppe et contourne par place des morceaux concassés du précédent.

Le remplissage du Drei Prinzen sp. existe, quoique moins développé dans un trum H_{6-7} d'August fl. à Segen Gottes; mais il y est superposé à la venue V_4, qui s'y trouve magnifiquement développée (1 1/2 étage). Nous avons déjà vu que les mêmes venues V_5 et V_6 se sont présentées en réouverture dans le Halsbrückner sp.

V_7. La *Venue calcitique* se montre avec une certaine abondance à Siebenlehn, où elle a réouvert les filons H_2, et dans la partie O. de la mine Himmelfürst. Ainsi le filon Silberfund st. H_{0-1}, entre le 7me et le 8me étage, au nord de l'August fl., présente le remplissage suivant :

a) Mélange de blende noire, de sulfures et de galène riches et argent;

b) Veinule de dolomite rose traversant (*a*);

c) Large bande de calcite blanche massive, englobant des morceaux cassés du remplissage précédent;

d) Druses de dolomite jaune avec cristaux d'argent rouge et d'argent sulfuré (Pl. VIII, *fig.* 14).

Bien qu'il soit difficile de préciser l'âge de toutes les calcites que présentent les filons de Freiberg, on peut cependant avancer qu'elles sont en général très-récentes, postérieures aux barytines, et en liaison avec la réouverture des filons H_2.

V_8. La *Venue argentifère* récente de Freiberg présente, au point de vue de l'exploitation, une très-grande importance ; elle produit environ le tiers de l'argent qui sort des usines, et a souvent fourni des amas contenant plus de 8.000 francs de ce métal au mètre cube.

Nous avons déjà vu qu'elle se trouve au croisement des filons réouverts, barytiques ou stériles, avec les filons à remplissage S_1, et en général dans la réouverture des

croiseurs. Ainsi, dans la mine Himmelfahrt, au croisement du Ludwig St. H_2 (remplissage S_1) avec le Ludwig Sp. H_6 réouvert (remplissage B_1), on a trouvé sur une hauteur d'environ 50 mètres, et principalement dans le croiseur H_6, un amas de minerais argentifères dont la valeur a dépassé 5 millions de francs.

Il se composait principalement d'argent rouge antimonial et arsenical, argent sulfuré, argent natif; le tout associé à une dolomite jeune; l'amas s'est terminé haut et bas par des masses de galène pauvre, reposant directement sur la barytine B_1. Nous avons vu, provenant de cet amas, des cristaux d'argent sulfuré sur lesquels se greffaient des filaments d'argent natif, superficiellement transformés en argent sulfuré; des cristaux d'argent rouge pseudomorphisés en argent sulfuré, et recouverts de fins cristaux de pyrite; l'argent rouge foncé paraît plus vieux que le clair.

Les minéraux argentifères de cette venue se présentent souvent, dans les druses du Halsbrückner sp. au-dessus de tous les autres remplissages; nous les avons signalés aussi dans les réouvertures du Teich fl., et de plusieurs filons de Segen Gottes.

Il nous reste, pour terminer cette longue énumération, à mentionner la présence assez rare, dans les druses, des minéraux du cobalt, du nickel, du bismuth, de l'antimoine, de l'arsenic et de l'urane. Ces minéraux paraissent postérieurs aux barytines, et antérieurs à la venue argentifère.

§ 3. *Remplissages au point de vue minéralogique.* — Le tableau qui suit contient les minéraux qui ont été signalés dans les diverses venues de Freiberg.

V_1 { Galène argentifère, blende, mispickel, pyrite de fer et de cuivre, argento-pyrite, cuivre gris, bournonite, argent rouge, argent sulfuré, stéphanite, miargyrite, polybasite, feuer-blende, schilfglaserz, xanthocon, argent natif.
Dolomite, manganèse carbonaté, quartz laiteux.

Les druses sont très-rares dans les remplissages anciens de Freiberg, et ne se présentent qu'à Braunsdorf dans l'edle-quartz-Formation (minéraux argentifères).

V_2 { Galène pauvre, cuivre gris, bournonite.
Barytine, anhydrite (?).
Dolomite, quartz hornsteinique.

La barytine B_1 offre des druses avec cristaux opaques mal formés, dans lesquels on reconnaît cependant la face P très-développée, les faces a^2, e^1, $b^{1/2}$; sur ces cristaux reposent souvent des lamelles de fer oligiste (Pl. VIII, *fig* 16).

V_3 { Fer oligiste, hématite rouge.
Rother horn, améthyste.

V_4 { Pyrite de cuivre, cuivre gris.
Barytine, fluorine, dolomite, fer carbonaté, apatite.

La fluorine en cubes, le fer carbonaté en cristaux lenticulaires jaune-miel, la dolomite en petits rhomboèdres s'y présentent souvent dans les druses.

C'est à cette venue que nous rapportons les belles tables rectangulaires de barytine cristallisée blanche opaque, que l'on trouve fréquemment déposées sur la barytine B_1, mais souvent séparées de cette dernière par une couche de fer carbonaté; ces tables présentent sur les angles des faces nombreuses, dont l'étude de détail contraste avec leur apparente simplicité; la face P est très-développée, puis viennent les faces a^1. a^2, e^1, g^1 et sur les angles M, $b^{1/2}$, b^2, g^2, h^2 (Pl. VIII, *fig.* 17); on y a signalé des pseudomorphoses en quartz de cristaux d'apatite.

V_5 { Galène pauvre, blende jaune.
Fluorine, quartz saccharoïde.

C'est à cette venue que nous rapportons la formation cobaltifère, très-rare à Freiberg; on y a signalé les minéraux suivants :

Bismuth natif, bismuth sulfuré, smaltine, chloantite, nickéline, arsenic natif, réalgar.

La venue antimonifère de Mobendorf est, peut-être aussi, de cette époque;

Hétéromorphite, berthiérite, steinmannite, bournonite, kermésite, valentinite.

Ces minéraux se trouvent quelquefois recouverts à Braunsdorf par des cristaux de barytine présentant les faces P, M, a^4; ces cristaux sont transparents et englobent par place le remplissage antimonifère.

V_6 { Marcassite, galène fibreuse. Barytine, fluorine concrétionnées.

La galène se présente quelquefois dans les druses en beaux cristaux d'un gris d'acier, offrant les faces du cube et de l'octaèdre. C'est à cette venue que nous rapportons les rognons de barytine fibreuse rougeâtre, qui se déposent quelquefois dans les druses de fluorine R_1 et de barytine B_2; ces rognons rugueux à l'extérieur, et naturellement fissurés, présentent dans leur cassure une structure cristalline rayonnée.

V_7 { Calcite. Dolomite récente.

Elles se présentent fréquemment dans les druses des venues précédentes, la dolomite toujours en rhomboèdres, la calcite en scalénoèdres dans les barytines, en prismes hexagonaux à pointement rhomboédrique dans la venue S_2.

V_8. Tous les minéraux argentifères, cités page 209, ont été signalés dans la venue V_8; l'argent rouge, l'argent sulfuré, l'argent natif et la pyrite y dominent.

Citons enfin, comme remaniements tout à fait récents, des cristaux de gypse et les minéraux d'oxydation (*).

(*) Nous croyons utile de donner ici un aperçu des principales

CHAPITRE IV. — AGE DES REMPLISSAGES, POINTS RICHES.

§ 1. *Age des remplissages.*—Il se déduit nécessairemen des considérations exposées dans le chapitre précédent. Nous résumons cette comparaison dans le tableau qui suit, où nous avons mis en regard les âges des remplissages et ceux des roches éruptives.

---

formes cristallines que présentent les galènes, barytines et calcites de Przibram.

Galène de la première venue (triasique). . . . . . cubes.
— de la 2ᵉ venue et des remaniements. . . . cubo-octaèdres.
— des remaniements récents (Steinmannite) octaèdres.

Barytine I.
- *a*) Druses habituelles. Cristaux roses opaques; faces P très-développée, e^1, a^2 (Pl. VIII, *fig.* 18).
- *b*) Premiers remaniements. Prismes opaques rosés, à faces également développées M, M, P.

Barytine II.
- Formation exclusivement drusique; cristaux incolores transparents.
- *a*) Druses contemporaines de la Goethite, faces P assez développée, a^2 allongée, M (Pl. VIII, *fig.* 19).
- *b*) Remaniements postérieurs à la venue argentifère; faces un peu courbes; P, a^2 développées en longueur; e^2 très-courbe (Pl. VIII, *fig.* 20).
- *c*) Barytine II normale, postérieure à la venue argentifère; faces a^2 très-développée en longueur, P rudimentaire; pointement compliqué $Mg^2g^1e^1b^{1/2}$ (Pl. VIII, *fig.* 21).

Calcite I. . . . . . Scalénoèdres.
Calcite II.. . . . . Empilements de rhomboèdres.—Prisme hexagonal et pointement rhomboédrique.
Calcite III. . . . . Rhomboèdres groupés uivant les trois faces, apparence euilletée avec angles rentrants.

SYSTÈMES de montagnes.	Filons.	contiennent.	coupent.	AGE DES REMPLISSAGES.	AGE DES ROCHES éruptives.
Vendée.	H_{11-12}	QV_1			
Longmynd.					
Morbihan.	H_9	QV_1			
Silurien.	—	—	—		Granites à gros grains.
Westmoreland.	H_3	TV_1			
Dévonien.	—	—	—		Granites-porphyres.
Land's-End.	H_6	V_1		Quartz Q (?). Remplissage talqueux mispickélifère T (?).	Gneiss rouge, grünsteins.
Terr. carbonifères.	—	—	—		
Ballons.					
Terr. anthraxifères.	—	—	—		
Lisbonne.	H_4	V_1			
Forez.	H_{11}	V_1			
Terrains houillers.	—	—	—		Venue porphyrique I.
Nord de l'Angleterre.	H_{0-1}	V_1			
Rothliegendes et Zechstein.	—	—	—		Venue porphyrique II.
Pays-Bas.	H_{5-6}	V_1			
Grès des Vosges.	—	—	—		
Rhin.	H_2	V_1			Pechsteins, felsitfels. (Venue porphyrique III.)
Trias.	—	—	—	Venue sulfurée V_1.	
Thuringerwald.	H_{8-9}	V_2V_3	V_1		Argilophyres trachytiques. (Venue porphyrique III.)
Jura inférieur.	—	—	—	Venue barytique V_2.	
Mont Seny.				Commencement de la venue ferrugineuse V_3.	
Jura supérieur.	—	—	—		
Côte-d'Or.	H_{3-4}	V_3V_4	V_1V_2		
Craie inférieure.	—	—	—	Suite de la venue V_3.	
Mont Viso.	H_{10-11}	V_3V_4	V_1	Venue fluorée, barytique et cuprifère V_4.	Premiers basaltes au S.-E. de l'Elbe (?).
Craie supérieure (?) et nummulitique.	—	—	—		
Éocène. Pyrénées.	H_{6-8}	V_5	V_2		
Éocène. Corse et Sardaigne.	H_1	V_8		Venue sulfurée V_5.	
Éocène. Tatra.	H_6	V_6	V_5		
Miocène.	—	—	—	Venue barytique V_6.	
Alpes occidentales.	H_{2-3}	V_7	V_1V_2		
Pliocène.	—	—	—	Venue calcitique V_7.	Basaltes de Bohême.
Alpes principales.	H_{5-7}	V_8			Basaltes de la Saxe.
Tenare.				Venue argentifère V_8.	
Etna-Ténériffe.					Tuffs volcaniques, eaux minérales.

La venue sulfurée qui joue à Freiberg le rôle principal, serait donc triasique, la première venue barytique aurait presque immédiatement succédé aux fentes de Thuringer-

wald et correspondrait au lias et aux terrains jurassiques inférieurs (*). La venue ferrugineuse se continuerait à travers les périodes jurassiques et crétacées, et ferait place vers l'époque de la craie supérieure, à une seconde venue barytique avec accompagnement de fluorine et de minerais de cuivre. Puis viendrait, après le soulèvement des Pyrénées, une seconde venue sulfurée, principalement galénifère, à Freiberg; nous verrons qu'à Schneeberg la venue cobaltifère lui est contemporaine. Pendant l'époque miocène, la barytine et la fluorine concrétionnées se déposeraient en longues alternances. La venue calcitique principale daterait de l'époque pliocène, enfin la venue argentifère serait précédée par le soulèvement des Alpes principales, et commencerait sans doute la période des eaux minérales actuelles; nous la retrouverons, caractérisée par les mêmes apparences et par le même âge géologique, dans tous les champs de filons de la Saxe, et particulièrement à Joachimsthal.

Hâtons-nous d'ajouter que les phénomènes observés à Freiberg, et récapitulés ici, ne se présentent avec un caractère de netteté tout à fait incontestable que pour ce qui a trait aux relations des remplissages V_1 et V_2 d'une part, V_4, V_5 et V_6 de l'autre.

§ 2. *Vérification de l'âge géologique des remplissages* V_1 *et* V_2. — *Relation de ces remplissages avec les porphyres* II *et* III. — Nous avons cherché (page 146) à déterminer l'âge des porphyres qui se montrent en relation avec les filons des environs de Freiberg; ce sont :

1°) qF_1, les porphyres quartzifères du premier groupe qui remplissent des fentes du Morbihan, du système de Lisbonne et du Forez, et qui datent des terrains houillers inférieurs.

(*) Frh. V. Beust, *Berg-u-Hüttenm. Zeitung* (1860. — page 75). — Comparaison avec les filons barytiques du centre de la France.

2°) aF_2, les argilophyres et les felsitfels du troisième groupe, qui affectent la direction du Rhin, sont certainement postérieurs au rothliegendes et probablement contemporains du commencement de l'époque triasique.

3°) sF_3, les argilophyres trachytiques du troisième groupe, qui affectent les directions du Forez et du Thuringerwald, et dont l'aspect est très-analogue à celui des porphyres sanidinifères qui sont, près de Potschappel, en relation avec le rother Ochs (faille que nous avons rapportée au Thuringerwald) et en épanchements sur le rothliegendes. Ils datent probablement du commencement de l'époque jurassique.

1° Les filons métallifères anciens, remplis de la venue S_1, coupent et rejettent les porphyres F_1 avec la plus grande netteté; ainsi l'Erzengel st. H_{0-1} (Himmelfahrt) traverse le filon porphyrique de Lössnitz, qui a en ce point une puissance d'environ 4 mètres, et le rejette de 3 mètres, sans cesser de contenir le remplissage S_1 et la blende noire qui le caractérise.

2° Les mêmes filons, et en particulier les fentes H_2, coupent les porphyres F_2 et y contiennent du remplissage S_1; mais les porphyres, de même direction, semblent accompagner les filons métallifères et influencent énergiquement leur remplissage, à tel point que Müller considère les filons de Braunsdorf comme des fentes de retrait de ces felsitfels. Nous avons déjà eu l'occasion de citer dans la mine Morgenstern un de ces porphyres accompagnateurs.

3° Enfin on connaît quelques exemples peu contestables de rejet du remplissage S_1 par les porphyres F_2. Nous allons les passer en revue (*).

I. On trouve au jour près de Bieberstein un dyke de porphyre sanidinifère qui paraît correspondre en profon-

(*) Nous devons à la bienveillante obligeance de M. le Bergmeister Müller les croquis inédits de deux de ces exemples. Nous avons pu en vérifier par nous-mêmes l'exactitude.

deur à un faisceau de veines porphyriques dont la direction individuelle est N. 130° E. On a signalé plusieurs de ces veines dans la mine Emanuel; une autre paraît à l'extrémité E. du filon Ernst mgg (Vereinigt feld) près Siebenlehn; enfin le même faisceau est jalonné à l'extrémité N. du gabbro de Siebenlehn par un deuxième dyke visible à la surface. Si l'on joint par une ligne droite les deux dykes extrêmes, on lui trouve une direction N. 140° E.; mais chacune des fentes étudiées individuellement dans les mines a présenté très-exactement la direction N. 130° E., avec un plongement ordinaire vers l'est. (Voir Pl. VII.)

A) *Mine Emanuel.* Le Reimsberger Glück mgg H_1, suivi vers l'ouest, se compose de 3 trums (*); le premier contient le remplissage S_1 (edle-quartz-Formation);

a) Quartz finement imprégné de pyrite et mispickel (n° 1).

b) Blende noire et galène (n° 2).

c) Veinules de réouverture avec argent rouge et sulfuré.

Le deuxième contient un remplissage barytique B_1 avec mouches accidentelles de pyrite, blende brune, argent sulfuré.

Le troisième est simplement argileux.

A l'avancement vers l'ouest, on a successivement trouvé un petit filon mince de porphyre F_3 qui coupe nettement le premier trum et son remplissage, et au travers duquel passent la barytine et l'argile du deuxième et du troisième trum. Puis est venue une faille avec brèche de morceaux concassés de gneiss et de remplissage S_1 quartzeux. Le premier trum s'y est arrêté net; le deuxième et le troisième y ont pénétré et se sont perdus sur une seconde faille de réouverture. Cette brèche précède un filon de porphyre, argileux sur les bords, et paraît avoir produit en ce point un rejet horizontal d'environ 160 mètres; un lit intercalé de gneiss à grain fin a du moins subi un rejet com-

(*) Müller. *Gangstudien*, 1849.

parable : il est probable que l'Emanuel mgg est le rejet du Reimsberger Gluck mgg.

B) *Mine Vereinigt-feld* (*). — Le Ernst mgg (Pl. VIII, *fig.* 26) commence par un trum H_4 qui se fait couper par un filon H_2 ; on a de nouveau suivi vers l'est un trum H_4, lequel coupe une veine H_6 qu'on a suivie en dernier lieu. Ces différents filons contiennent un remplissage S_1, riche par place ; on y peut constater encore aujourd'hui des mouches de pyrite de cuivre et par place des lentilles calcaires. Le gabbro qui constitue les salbandes, est d'ailleurs traversé par un certain nombre de fentes stériles à 110°, 125° et 160°, dont nous n'avons pu saisir les relations avec le remplissage S_1.

Le dernier trum H_6 vient se faire couper, fente et remplissage, par un filon N. 128° E., plongement E. rempli de barytine B_1, à grandes faces de clivage ; cette barytine pénètre les fendillettes d'un conglomérat de morceaux concassés de gabbro, reliés entre eux par un quartz grisâtre ; puis vient une brèche de morceaux cassés de quartz blanc et de porphyre F_3, dirigée N. 130° E., plongement E. 35 à 50°, et enfin le porphyre lui-même qui présente dans une pâte brun rougeâtre des noyaux de quartz, des cristaux de feldspath blanc mat, et de sanidine vitreuse, des morceaux de gabbro cassé, enfin des mouches de barytine, de galène, de pyrite. Ce porphyre est traversé par des veinules de quartz blanc.

On peut suivre au jour sa séparation avec le gabbro : à 200 mètres d'Ernst mgg, elle est encore jalonnée par des blocs massifs de barytine à grands clivages.

II. Un second dyke de porphyre F_3 paraît au jour près Obergrüna ; il y contient, par places (**), du fer oligiste. On en connaît le prolongement dans la mine Gesegnete Berg-

(*) Müller. *B. und H. M. Zeitung*, 14 mai 1861.
(**) Près de la Radegruber Wäsche. (Müller.)

manns Hoffnung, et près de Siebenlehn, dans la mine Romanus. Il reparaît au jour au delà du gabbro de Siebenlehn, et y forme un dyke allongé affectant la direction N.-S., qui serait celle de la ligne droite le joignant au dyke d'Obergrüna (Pl. VII).

A) *Mine Gesegnete Bergmanns Hoffnung.* — Le Holländer sp. H_{6-7}, à remplissage barytique, y traverse le porphyre en question; le Helmrich sp. H_{5-6}, à remplissage S_1, paraît au contraire s'y buter.

B) *Mine Romanus.* — Le Bruno mgg H_6 se fait rejeter plusieurs fois dans le gabbro de Siebenlehn par des trums H_2 contenant même remplissage S_1 que lui :

a) Quartz.

b) Blende noire et galène.

c) Fines imprégnations d'argent rouge foncé, sulfuré, natif, de fahlerz argentifère.

d) Calcite et dolomite.

A son avancement occidental, le Bruno mgg. s'est heurté, fente et remplissage (à l'étage de la Wolfstolln), sur une faille N. 171° E., plongement 80 à 85° O., contenant une brèche de gabbro sur une puissance de 1 à 2 mètres; cette faille contient la dolomite *d* non concassée, à l'état d'infiltrations. Quelques mètres plus bas, sa constitution subit une modification remarquable; elle admet, au milieu de la brèche de gabbro, un mince filon de porphyre qui va successivement en s'élargissant; à l'étage dit mittelstrecke, le porphyre remplit la faille presque entièrement; il contient dans une pâte qui varie du rouge au brun, et même au bleu-lavande, des noyaux de quartz enfumé, des cristaux d'un feldspath brun foncé, et aussi des paillettes brillantes de sanidine (Pl. VIII, *fig.* 27).

Le Romanus st. H_2 paraît aussi se buter sur lui. D'ailleurs le Bruno mgg a été riche en minerai jusqu'au point où il est coupé; nul doute que son remplissage S_1 ne soit antérieur à la formation du conglomérat de gabbro. Quant

à la cause qui a produit ce conglomérat, elle nous paraît devoir être rapportée à l'injection du porphyre dans la fente à 172°, d'ailleurs préexistante.

En résumé des exemples qui précèdent, on peut conclure avec M. Müller, auquel on doit ces observations pleines d'intérêt,

1°) Que le remplissage S_1 est antérieur aux porphyres F_3;

2°) Que ces porphyres, qui contiennent par place de la barytine, du fer oligiste, des mouches de galène et de pyrite, sont légèrement antérieurs au remplissage B_1.

Nous ajouterons que d'après la direction des fentes qu'ils remplissent et l'analogie pétrographique qu'ils présentent avec certains porphyres des environs de Potschappel (Hähnischen), ils nous paraissent contemporains des grands accidents produits en Saxe par le système du Thuringerwald.

§ 3. *Points riches.* — Si nous admettons que les filons métallifères sont exclusivement dus au passage de sources thermales dans des fentes préexistantes, que ces sources thermales proviennent des roches éruptives épanchées en dernier lieu et qu'elles entraînent avec elles certains éléments de ces dernières roches, ainsi que des roches anciennes et des terrains stratifiés qu'elles traversent, il y a lieu de se préoccuper dans la recherche des points riches :

1°) De la nature des roches anciennes ou nouvelles servant de réservoir aux matières utiles qui ont été entraînées.

2°) Des roches éruptives épanchées immédiatement avant l'arrivée du remplissage recherché ;

3°) De la direction et du plongement des failles produites en dernier lieu; des réouvertures qui leur sont dues et qui peuvent avoir donné une large issue aux sources thermales;

4°) De la nature des parois qui ont servi de condenseur à ces sources.

Nous ne nous occuperons ici que du remplissage .

1°) Composés à Freiberg de sulfures métallifères, ses éléments utiles paraissent exister à l'état de mélange intime, et d'élément constituant de la roche, dans certains grünsteins de la Saxe. Les felsitfels de Braunsdorf, et les porphyres T_2 de Tharandt (*) semblent aussi par places imprégnés de sulfures métallifères.

2°) Les sources thermales, qui les ont entraînés, paraissent provenir des divers porphyres dont les éruptions ont commencé avec les terrains houillers, et spécialement des felsitfels, pétrosilex et pechsteins.

3°) Le système du Rhin H_2 a immédiatement précédé la venue du remplissage S_1; il a principalement réouvert à Freiberg les fentes H_{0-1}, H_3, H_4, H_{11}.

4°) Les filons ont en général pour salbandes, le gneiss gris, le gneiss rouge, le gabbro ou la granulite.

1°) Les grünsteins se montrent principalement aux environs d'Obergrüna, de Siebenlehn, de Roswein, de Brand. Les mines voisines se font en général remarquer par l'abondance de la dolomite, par l'enrichissement en argent des sulfures métallifères (Edle-quartz-Formation, Braunspath-Formation).

2°) Les felsitfels ont surtout paru aux environs de Braunsdorf, qui a été jadis le centre des plus riches exploitations du champ de Freiberg; à leur voisinage les filons sont quartzeux et très-riches en argent.

3°) La mine d'Himmelfahrt est au croisement de faisceaux importants H_2, H_3, H_{0-1}; les filons H_3 ont servi de diagonale aux H_2 et y sont puissants et riches quand leur plongement dépasse 50°. La galène, d'une richesse moyenne en argent, est particulièrement abondante dans cette mine, qui est actuellement la plus importante de Freiberg.

(*) Naumann.

La mine d'Himmelfürst est située au croisement de faisceaux H_3. H_{0-1}, H_{10-11}; les filons y sont plus espacés qu'à Himmelfahrt; c'est la seconde mine de Freiberg.

La mine Beschert Glück est exactement au point de croisement d'un faisceau H_3 et d'un faisceau H_{0-1}; les sulfures y sont riches en argent, le gneiss très-cassé, les filons très-ramifiés et certains trums, presque horizontaux, ont été fructueusement exploités.

En résumé, dans toute la partie E. et S. du champ de cassure, les faisceaux H_3 sont les plus riches, et c'est au voisinage de leurs croisements avec les anciennes fentes de direction analogue que sont groupées les mines les plus productives.

4° Le gneiss gris est à Freiberg d'une teneur variable en mica; on a depuis longtemps remarqué que les filons ne sont pas riches, dans les zones où le gneiss est trop chargé ou trop pauvre en mica : un certain équilibre entre les divers éléments qui le composent est une qualité recherchée par les mineurs.

Le gneiss rouge paraît présenter souvent cette composition équilibrée; les filons s'y enrichissent volontiers.

La granulite, à l'inverse du gneiss très-micacé, constitue une roche trop compacte, et les filons, tout en s'y prolongeant fente et remplissage, semblent y perdre leur puissance, et se transformer, comme dans les porphyres quartzifères, en un réseau de simples fendillettes.

Les roches trop friables ou trop grasses produisent sur les filons le même effet mécanique que le gneiss micacé; ainsi les filons se divisent et s'appauvrissent dans la serpentine; les thonschiefers laissent de plus émigrer et se disséminer dans leur masse les sulfures métallifères; les filons y deviennent stériles ou exclusivement ferrugineux.

Un phénomène constant d'enrichissement (*) se produit

(*) Müller.

dans les filons minéralisés, au voisinage du contact des différentes formations sédimentaires ou éruptives entre elles. Ce phénomène se présente avec une grande netteté dans la mine de Segen Gottes; nous avons vu que le massif grünsteinique de Roswein y est pris entre la granulite sur laquelle il repose, et les thonschiefers qui le recouvrent : les filons y présentent deux zones d'enrichissement côtoyant, dans le grünstein, les deux formations sédimentaires.

De même à Himmelfürst (*), au mur des micaschistes granatifères dans le Brander gneiss, on connaît une zone de 200 à 400 mètres de largeur, dans laquelle les filons se sont généralement enrichis; ils s'appauvrissent complétement dans les micaschistes.

Nous traiterons la question de l'enrichissement relatif des autres formations, après les avoir étudiées dans les différents champs de filons de la Saxe.

MARIENBERG.

---

§ 1. *Constitution géologique des environs.* — Les environs de Marienberg sont constitués par le gneiss gris dont l'orientation oscille entre la direction du Morbihan, et celle du Westmoreland, avec un plongement habituel vers le nord.

On y connaît des filons grünsteiniques (**) analogues aux trapps micacés des environs d'Ehrenfriedersdorf, et dont la direction ordinaire, N. 95° E., est à rapporter au Land's-End.

Des filons de porphyre quartzifère à pâte feldspathique

(*) Forster.

(**) Perte au feu 2,80 p. 100. — Pas d'effervescence. Richesse en silice 59,20 p. 100.

compacte, avec très-petits grains de quartz, traversent aussi le champ de cassures, et se font couper par les veines métallifères.

L'exploitation du champ de Marienberg date du XVIe siècle ; on y a connu des filons d'étain ; les filons argentifères les ont parfois réouverts, nous avons eu occasion, à Ehrenfriedersdorf, de constater des phénomènes de même ordre. L'exploitation est actuellement restreinte à quelques-unes des mines qui existent dans la partie N.-O. du champ, entre Marienberg et Wolkenstein ; elle n'occupe guère qu'une centaine de mineurs, et produit surtout des minerais d'argent, avec un peu de bismuth, de cobalt et de nickel.

§ 2. *Directions des filons métallifères.* — L'étude des anciens plans de mines et de quelques filons encore en exploitation, nous permet de donner une liste à peu près complète des directions qu'affectent les filons et les failles à Marienberg (Pl. IX, *fig.* 1).

H_6.	N. 88° E.	Vater-Abraham. Alt-Fabian Mgg, etc.
H_4.	65°	Bauer Mgg.
H_{0-1}.	3°	Sarah St.
H_2.	30°	Kaiser Heinrich.
H_{8-9}.	127°	Herzog Karl fl., Salomon fl.

Ces directions sont remarquablement nettes sur les plans ; l'étude des mines conduit à y ajouter :

1°) Des fentes H_3, N. 50° E., qui dévient en certains points les filons H_4.

2° Une violente réouverture H_5, N. 73° E., qui a par places transformé en failles les filons H_4, H_6, les déviant à son profit et rejetant tous les autres filons.

§ 3. *Des rejets.*— Les seuls que nous ayons pu constater sont ceux des H_6 (Grünsteins) par les H_4, et de tous les systèmes par les H_5.

L'assimilation à faire de ces directions avec celles des systèmes de montagnes, nous paraît être la suivante :

H_3. . . . . . . Westmoreland.
H_6. . . . . . . Land's End.
H_4. . . . . . . Lisbonne.
H_{0-1}. . . . . . Nord de l'Angleterre.
H_2. . . . . . . Rhin.
H_{8-9}. . . . . . Thuringerwald.
H_5. . . . . . . Alpes principales.

§ 4. *Des remplissages.* — Les filons H_6, et certains H_4, aux endroits où ils s'accolent aux fentes H_3, ont contenu un remplissage stannifère. Ex. :

Alt Fabian mgg. . . .	H_6	Bauer mgg.	H_4
Water Abraham mgg.	H_6	Drei Weiber mgg. .	H_4

Nous avons pu constater que les mêmes filons contiennent souvent, en quantité notable, la formation talqueuse mispickélifère T, et la venue sulfurée dite kiesige Formation (V_1 de Freiberg). La galène de cette venue contient environ 9 p. 10.000 d'argent, et la pyrite de cuivre s'y présente quelquefois en abondance.

Nous ne savons quel a été le remplissage des H_{0-1} et H_2.

Les H_{8-9} de la partie N.-O. du champ sont presque exclusivement barytiques ; ils contiennent une belle barytine à larges clivages, tout à fait analogue à la venue V_3 de Freiberg; la fluorine y est très-rare et paraît postérieure à la barytine. Les druses offrent de beaux cristaux de barytine jaune, brune ou rose, et semi-transparente. Leur forme est tantôt P,M, avec les modifications a^2,e^1, tantôt P,a^2,e^1, avec les faces M en petites modifications; ce dernier type est très-analogue à celui de Przibram (barytine I).

Les mêmes filons présentent par places, au milieu de leur barytine, des infiltrations de quartz, de cobalt arsenical, et des autres minéraux de la venue V_5.

C'est dans les réouvertures H_8 et à leur voisinage, dans les filons H_{8-9}, que se trouve la venue argentifère de Marienberg; elle se compose principalement d'argent rouge, sul-

furé et natif, quelquefois de galène riche : ainsi Amandus et Salomon fl. H_{8-9}, suivis vers le nord, rencontrent un ancien filon H_4 dans lequel la barytine blanche des H_{8-9} pénètre sans interruption ; mais à ce premier trum s'est accolée une réouverture H_5, rejetant les H_{8-9}, et contenant dans un filet de barytine rouge disloquée,

a) Galène riche à 78 p. 1000 d'argent.

b) Argent sulfuré.

c) Argent natif en feuillets dans les fentes.

§ 5. *Des filons riches en barytine.* — La barytine B_1 ne paraît en formation continue que dans les filons du Thuringerwald ; ils la présentent en abondance dans le gneiss à Freiberg et Marienberg, et leurs faisceaux se prolongent, fentes et remplissages dans la granulite, où l'on a signalé depuis longtemps de puissants affleurements barytiques de même direction ; dans le granite ils deviennent presque exclusivement ferrugineux (Schneeberg, Eibenstock).

Nous avons vu que la barytine B_1 paraît légèrement postérieure aux argilophyres, riches en sanidine, qui en contiennent des nodules. Les mandelsteins du groupe porphyrique n° II (rothliegendes inférieur à Zwickau) renferment aussi des noyaux de barytine ; on a signalé ce minerai au voisinage de certains mélaphyres de la même époque du bassin de Brassac (*).

(*La suite à la prochaine livraison.*)

(*) Delesse, *Métamorphisme*.

MÉMOIRE

SUR LES PRINCIPAUX CHAMPS DE FILONS DE LA SAXE ET DE LA BOHÊME SEPTENTRIONALE.

Par MM. Michel LÉVY et CHOULETTE, ingénieurs des mines.

DEUXIÈME PARTIE.

Section IV. — Remplissage barytique et fluoré.

ANNABERG.

CHAPITRE I. — Constitution géologique des environs d'Annaberg.

§ 1. *Aperçu général.* — La ville d'Annaberg est située au pied du Pöhlberg, et à l'ouest de ce dôme basaltique ; elle se trouve elle-même bâtie sur un escarpement de gneiss, au pied duquel coule du sud vers le nord un affluent de la Zschoppau.

Les filons jadis exploités pour minerais d'argent, d'urane, de cobalt, nickel, bismuth et cuivre, sont en partie abandonnés: on en a connu de productifs dans une zone N.-O. S.-E., deux fois plus longue que large, comprenant la ville d'Annaberg et s'étendant vers le S.-O. jusqu'à Buckholz (Voir le plan d'ensemble des filons d'Annaberg, Pl. X.)

Nous avons pu visiter au nord les mines König Danemark et Saint-Andreas, sous Annaberg même la mine Mi-

chaeli, au S.-E. la mine Himmlisch Heer, à l'ouest la mine Getreu Nachbachschaft qui se trouve à un niveau très inférieur à celui des autres exploitations, et touche à la célèbre mine Marcus Röhling, actuellement abandonnée.

Ces divers exploitations qui occupent à peine une soixantaine de mineurs, présentent cependant un développement considérable; malgré la vétusté des galeries, les filons y sont relativement faciles à observer; ils ont dû fournir par le passé une grande quantité de minerais d'argent, et sont loin d'être épuisés ou même reconnus en profondeur.

§ 2. *Gneiss.* — Les environs d'Annaberg sont pour ainsi dire exclusivement constitués par le gneiss gris, riche en mica noir et à texture très-schisteuse; ce gneiss contient aux environs de Buckholz des filons d'étain.

La direction de sa schistosité qui plonge en général de 45° vers le sud, oscille dans les mines entre 55° et 98°.

Saint-Andreas.	N. 98° E.
Michaeli.	55°
Himmlisch Heer.	68°

A l'est du Pöhlberg, cette schistosité se dirige N. 140° E.

Nous voyons dans ces diverses orientations les retentissements du Morbihan, du Westmoreland, et du Land's-End; ces deux derniers systèmes auraient exercé une influence prépondérante dans la région des mines.

§ 3. *Porphyre granitique.* — On connaît entre Buckholz et Annaberg, au S.-O. de cette dernière ville, un long filon de porphyre granitique, de quelques mètres de puissance, dont la texture tient le milieu entre celle du porphyre quartzifère, et celle du granite à grains fins pauvre en mica; sa direction nette N. 80° E. nous paraît devoir être rapportée au Land's End; et sa constitution même nous semble le rapprocher davantage des granites porphyroïdes et des gneiss rouges que des porphyres quartzifères du groupe n° 1, qui d'ailleurs n'affectent pas cette direction. Le gneiss

rouge n'est pas inconnu à Annaberg : il paraît en lambeaux dans les mines (Himmlisch Heer).

§ 4. *Trapps grünsteiniques.* — On trouve, en relation avec certaines veines métallifères d'Annaberg, des trapps micacés, d'origine éruptive, dont la composition minéralogique et la texture se rapprochent de celles des kersantons d'Himmelfürst.

La mine Michaeli en présente (Abraham mgg.) quelques exemples intéressants ; la roche d'aspect grünsteinique, compacte, se décolore au voisinage des veines métallifères qui la coupent toutes sans exception. On distingue dans cette roche des lamelles de mica bronzé, et une pâte feldspathique à reflets bleuâtres (feldspath Labrador ?) ; sa cassure pseudo-régulière rappelle celle des basaltes. Ces wackes ont une direction N. 138° E. qui est celle des anciennes cassures du Morbihan (*).

Le filon Getreu Nachbachschafter fl. est accompagné sur toute sa longueur par un faisceau grünsteinique d'un aspect remarquable : pâte d'un vert sale, remplie de petites lamelles de mica bronzé, le tout constituant une roche beaucoup moins compacte que les kersantons de Michaëli ; à aspect rugueux, et pourtant assez douce au toucher (**). La direction de ce faisceau oscille entre 142° et 152° ; la puissance de chaque filon de wacke ne dépasse pas 2 mètres ; la séparation avec le gneiss se fait nettement.

Nous devons mentionner ici quelques filons de trapps micacés qui paraissent dirigés N.-S.

§ 5. *Basaltes.* — L'épanchement basaltique du Pöhlberg compose un dôme allongé du sud vers le nord, dont le sommet est le point culminant de la contrée, et sous lequel un lambeau de formation miocène, sans doute protégé

(*) Perte au feu 7,10 p. 100. — Vive effervescence. Richesse en silice, 50,60 p. 100. — Ce kersanton laisse 45 p. 100 de son poids se dissoudre dans l'acide chlorhydrique concentré.

(**) Perte au feu 6,60 p. 100. — Richesse en silice 50,40 p. 100.

par le basalte contre les érosions postérieures, montre encore ses assises sableuses et argileuses. Le basalte du Pöhlberg est essentiellement magnétique et riche en fer oxydulé et en fer titané.

CHAPITRE II. — Direction et age relatif des filons métallifères a Annaberg.

§ 1. *Remplissage au point de vue géologique.* — Tous les filons d'Annaberg contiennent sans exception, les uns à l'état de remplissage continu, les autres par places et en colonnes, une belle venue de fluorine et barytine, accompagnée de quartz hornsteinique, qui rappelle les venues V_3, V_4 de Freiberg ; l'abondance même de cette formation est le caractère essentiel et distinctif du champ d'Annaberg.

On y trouve aussi par places, et seulement dans certains filons, un mélange de pyrites de fer et de cuivre, de galène et de blende noire, identique comme aspect à la Kiesige-Formation (V_1) et nettement antérieur à la venue barytique : le remplissage de quartz et mica (Q), de mispickel et roche talqueuse (T) se trouvent aussi, quoique rarement, à Annaberg.

Comme remplissages postérieurs à la venue barytique qui nous sert de point de repère, nous pouvons signaler une galène récente, souvent accompagnée des minéraux du cobalt, du nickel, du bismuth, avec association de dolomite et de quartz hornsteinique ou saccharoïde (V_5), et enfin une formation uranifère et argentifère plus récente que toutes les autres (A).

§ 2. *Directions métallifères.* — Les deux directions importantes qui se présentent constamment à Annaberg, qui forment de longs filons continus, et dont les relations réciproques ne souffrent aucune incertitude, sont :

I. — N. 78° E. . . . . Filons H_{3-4}
II. — N. 155° E. . . . . Filons H_{10}

I. 1°) Les principaux filons H_{5-6}, que nous ayons eu occasion d'étudier, sont les suivants :

MINES.	FILONS.	DIRECTIONS.	PLONGEMENTS.
		degrés.	
Michaëli.	Abraham Mgg.	N. 76 E.	S
Andreas.	Unbenannt Sp.	75	»
Idem.	Anna Mgg	80	»
Getren-Nachbachschaft. .	Silberkammer Mgg. . . .	78	»
König Danemark.	Hedwig Mgg.	75	N
Idem.	Barbara Mgg.	75	»
Himmlisch Heer.	Dorothea Mgg.	80	S
Idem.	Elisabeth Sp.	80	S
Idem	Felix Sp.	78	S

Généralement argileux, ils contiennent par places les remplissages T et S_1, V_3 et V_4, et se comportent toujours aux croisements avec les H_{10} comme d'anciens filons réouverts, dont la dernière réouverture, très-violente et très-générale, aurait disloqué la barytine et la fluorine V_4, et contiendrait les venues récentes V_8. Si d'ailleurs on se rappelle que près d'Annaberg un filon de porphyre granitique affecte la direction H_{5-6}, on ne sera pas étonné de voir des veines métallifères parallèles contenir les remplissages anciens.

2°) Outre les filons cités plus haut, qui ont été suivis en longueur, on trouve dans les mines une foule de failles stériles de même direction, à rapprocher de la réouverture H'_{5-6}.

3°) Mais de plus, un certain nombre de fentes, offrant le double caractère de contenir souvent la venue V_4, et souvent aussi de se comporter comme des failles stériles, se présentent entre les directions N. 50°E. et N. 70°E., c'est-à-dire dans les limites mêmes entre lesquelles varie la schistosité; les fentes H_{3-5} n'ont jamais été suivies et paraissent fort irrégulières.

II. 1°. Les principaux filons H_{10} que nous ayons étudies sont les suivants :

MINES.	FILONS.	DIRECTIONS.	PLONGEMENTS.
		degrés.	
Michaëli.	Silbermühle Fl. . . Au S.	N. 155 E.	O.
Idem.	Idem. . . . . . . Au N.	148	O.
Andreas.	Rabenglück Fl.	154	»
Idem.	Weisser Schwann Fl. . .	154	O.
Idem.	Reiche Empfängnisse Fl.	156	O.
Getreu Nachbachschaft. .	Getreu Nachb. Fl. Au S.	146	O.
Idem.	Idem. . . . . . . Au N.	154	O.
König Danemark.	Schwarzer Adler Fl . . .	163	O.
Himmlisch Heer.	Himmlisch St. . . Au S.	155	»
	Idem. . . . . . . Au N.	168	»

Ces filons contiennent en formation continue et en grande abondance les venues V_3, V_4 ; la formation V_5 s'y présente par places ; ce sont les vrais filons métallifères d'Annaberg, et c'est en général aux croix qu'ils forment avec les H'_{5-6} que ces derniers contiennent les minéraux V_3.

2°) Les filons H_{10} ont dû nécessairement s'accoupler en certains points avec les anciennes fentes H_9 que la présence et la direction des grünsteins nous ont révélées.

a) Ainsi le Silbermühle fl. dans sa partie N. affecte la direction N. 148° E. et, comme fait très-concluant et remarquable, on y observe sur les salbandes, à côté des remplissages V_3, V_4, V_5, un quartz à éclat gras avec mica largement développé, que Freiberg nous a présenté (Q) en relation avec le gneiss rouge.

b) De même le Getreu Nachbachschafter fl., et le faisceau grunsteinique qui l'accompagne, suivent au S. une direction N. 143° E.

3°) Certains filons H_{10} présentent en plusieurs points des directions anormales variant entre 165° et 175° ; on ne peut attribuer ces directions à de simples inflexions des filons H_{10}, car elles se prolongent souvent sur de grandes longueurs et forment des faisceaux H_{11} nettement croisés par les faisceaux H_{10}.

a) Ainsi le Reiche Empfängnisse fl. (St-Andreas), dont la direction moyenne est N. 156° E., se compose de trums

de cette direction, coupeurs nets d'un certain nombre de veines à 175°.

b) Le Himmlisch st. dont la direction moyenne est N. 166° à 170° E., passe brusquement au S. à la direction habituelle des H_{10}, N. 155° E.

c) Le Schwarzer Adler fl. dont la direction moyenne est N. 163° E., passe constamment des directions 153°, aux directions 165°. Il paraît admettre par places un quartz ancien avec sulfures (S_1 ?).

III. Il nous reste à mentionner ici cinq systèmes de fentes qui, sans avoir l'importance des systèmes H_6 et H_{10}, sont nettement indépendants des deux groupes précédents; ils ont pour caractère d'être très-localisés, et de n'apparaître chacun qu'en certains points particuliers du champ d'Annaberg.

1°) H_{0-1}. Les principaux filons de cette direction que nous ayions pu visiter sont l'Urania St. N. 6° E. (St. Andreas) et le Leipsiger St. N. 12 E. (Himmlisch Heer).

La mine Marcus-Röhling en a contenu quelques-uns qui ont été suivis sur de grandes longueurs :

Krönunger St.	N. 6° E.
Bauerin St.	6°

Les fentes H_{0-1} contiennent les remplissages V_4 et V_8, dans les mêmes conditions que les H_{10}.

2°) H_2. Le Kälber St (Marcus-Röhling) N. 33° E. a été suivi sur une très-grande longueur; quelques filons actuellement abandonnés de la mine Himmlisch Heer (Hilfe Gottes St., etc.) présentent une direction analogue N. 25° E.

3°) H_{8-9}. Cette direction rare à Annaberg est cependant celle qu'affecte un très-long filon de la mine Himmlisch Heer, le Dorothea Fl., N. 134° E., qui paraît accompagné à l'ouest par des fentes de même direction; ce faisceau coupe nettement quelques fentes H_{11}, et paraît influencé vers le N. par un faisceau H_{10}; il présente d'ailleurs le remplissage et les allures des fentes H_{10}.

4°) Enfin la partie N. de la mine St-Andreas, près du débouché des galeries d'écoulement, présente un certain nombre de veines métallifères H_7 dont quelques-unes ont été suivies sur une longueur notable.

Stolln Sp. . . . . N. 106° E.
Michaëli Sp. . . . . N. 104° E.
Bernhardt Sp. . . . N. 108° E.

La direction des filons H_7 oscille entre 100 et 110° ; ils contiennent les venues V_3, V_4, V_5 ; le quartz saccharoïde qui caractérise souvent la venue V_5, y semble singulièrement développé.

5°) Quoique la plupart des filons H_7 soit rejetée par les H_{10} et même les H_{11}, quelques-uns d'entre eux présentent des traces de réouverture récente, sans d'ailleurs cesser de contenir le quartz saccharoïde V_5, ou certain Hornstein noirâtre qui accompagne les sulfo-arséniures de cette venue (Unbenannt sp., N. 105° E., au N. du Getreu Nachbachschafter fl.). Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que près du faisceau H_7, le gneiss est orienté à 98°, tandis qu'il passe rapidement à l'orientation N. 55° E. plus au Sud.

En résumé nous avons cherché à établir par ce qui précède qu'on doit distinguer à Annaberg onze systèmes de filons d'importance très-inégale, savoir :

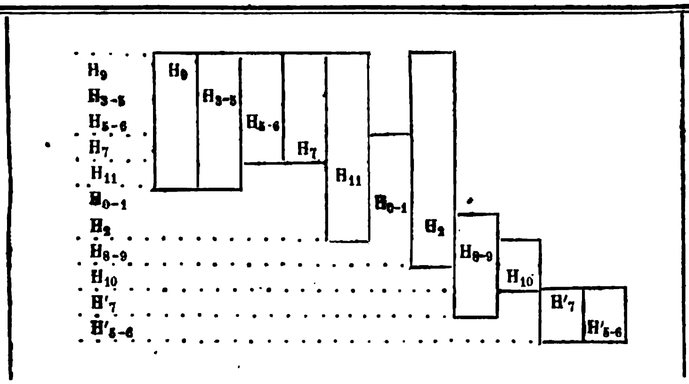
FILONS.	DIRECTION moyenne.	
	degrés.	
H_9	N. 143 E.	Très-rares.
H_{3-5}	55	Rares.
H_{5-6}	78	*Importants.*
H_7	106	Rares.
H_{11}	168	Très-rares.
H_{0-1}	8	Rares.
H_2	30	Très-rares.
H_{8-9}	134	Rares.
H_{10}	155	*Très-importants.*
H'_7	106	Très-rares.
H'_{5-6}	78	*Très-importants.*

§ 3. *Des intersections.* — Nous donnons dans les tableaux qui suivent quelques exemples d'intersections de ces différents systèmes entre eux.

MINES.	FILON REJETANT.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouverture.	FILON REJETÉ.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouverture.
	Filons H_9. — N. 143° E.									
	Intersection avec les H_{0-1}.									
Michaëli. . . .	Trums près Abraham. Mgg.	degr. 5	»	V_4	r	Filons de grünstein. .	degr. 140	»	»	»
	Intersection avec les H_{10}.									
Michaëli. . . .	Silbermühle Fl.	144	E.	V_4V_5	r	Tr. de Silbermühle Fl.	144	E.	Q	r
Getreu Nachb. .	Getreu Nachb. Fl. . . .	145	O.	V_3V_4	r	Grünstein.	145	»	»	»
	Intersection avec les H'_7.									
Getreu Nachb. .	Unbennannt Sp.	103	N.	V_5	»	Grünstein.	145	»	»	»
	Intersection avec les H'_6.									
Michaëli. . . .	Abraham Mgg.	75	S.	stérile	r	Grünstein.	138	»	»	»
	Filons H_{3-5}.—N. 55° E.									
	Intersection avec les H_{0-1}.									
Andreas.	Urania St.	5		V_4	r	Trum.	52	»	stérile	»
Himmlisch Heer.	Leipsiger St.	12		V_4	r	Trum.	51	E.	V_4	»
	Intersection avec les H_{8-9}.									
Himmlisch Heer.	Dorothea Fl.	134	O.	V_4	»	Trum.	55	»	stérile	»
Idem.	Unbennannt Sp.	128	O.	V_4	»	Trum.	51	E.	V_4	»
	Intersection avec les H_{10}.									
Andreas.	Reiche Empfängnisse.	155	»	V_4	»	Trum.	50	»	stérile	»
	Filons H_{5-6}. — N. 78° E.									
	Intersection avec les H_{11}.									
Andreas.	Reiche Empfängnisse.	175	»	V_3V_4	»	Anna Mgg.	80	»	V_3V_4	»
	Intersection avec les H_{0-1}.									
Andreas.	Urania St.	5	»	V_4V_8	r	Trum.	75	»	V_4	»
	Intersection avec les H_{10}.									
Andreas.	Reiche Empfängnisse.	150	»	V_4	»	Trum.	75	»	V_4	»
Idem.	Idem.	153	»	V_4	»	Trum	75	»	V_4	»
Himmlisch Heer.	Unbennannt Fl.	150	»	V_5	»	Elisabeth.	85	»	stérile	»
	Intersection avec les H'_7.									
Getreu Nachb. .	Unbennannt Sp.	103	N.	V_5	»	Trum.	75		V_8	»
	Intersection avec les H'_{5-6}.									
Himmlisch Heer.	Felix Mgg.	80	S.	stérile	V_8	Felix Mgg.	80	S.	V_1	»
Idem.	Elisabeth Mgg.	80	S.	Id.	V_8	Elisabeth Mgg.	80	S.	V_1	»
Idem.	Dorothea Mgg.	80	S.	Id.	V_8	Dorothea Mgg.	80	S.	T_1V_1	»
Michaëli. . . .	Abraham Mgg.	75	S.	Id.	V_8	Abraham Mgg.	75	S.	V_4	»
	Filons H_7 — N. 106° E.									
	Intersection avec les H_{11}.									
Andreas.	Reiche Empfängnisse Fl	175	»	V_4	»	Michael Sp.	103	»	$V_1?V_4$	»

MINES.	FILON RÉSISTANT.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouverture.	FILON REJETÉ.	Direction.	Plongement.	Remplissage.	Réouverture.
				Intersection avec les H_{10}.						
Andreas.	Weisser Schwann Fl. .	159	O.	V_4	»	Trum.	110	»	V_3	»
Idem.	Idem.	152	O.	V_4	»	Bernhardt Sp.	108	»	V_3	»
				Filons H_{11}. — N 168° E.						
				Intersection avec les H_{8-9}.						
Himmlisch Heer.	Dorothea Fl.	130	O.	V_4	»	Trum.	164	E.	V_4	»
				Intersection avec les H_{10}.						
Michaëli.	Silbermühle Fl.	155	O.	V_4	»	Trum.	175	E.	V_2(?	»
Andreas.	Reiche Empfängnisse.	155	»	V_8V_4	»	Trums.	178	»	V_3V_4	»
				Intersection avec les H'_{5-6}.						
Andreas.	Faille.	75	»	stérile	»	Reiche Empfängnisse.	178	»	V_4	»
Himmlisch Heer.	Faille.	75	»	Id.	»	Trum.	164	»	V_4	»
				Filons H_{0-1}. — N. 8° E.						
				Intersection avec les H_{8-9}.						
Himmlisch Heer.	Trum.	130	S.	V_4	»	Leipsiger St.	12	E.	V_4	»
				Intersection avec les H_{10}.						
Himmlisch Heer.	Himmlisch St.	160	»	V_3V_4	»	Trums.	9	»	V_3V_4	»
				Intersection avec les H'_{5-6}.						
Himmlisch Heer.	Elisabeth Mgg.	80	S.	V_8	r	Leipsiger St.	12	E.	V_8	r
				Filons H_2. — N. 30° E.						
				Intersection avec les H_{10}.						
Andreas.	Reiche Empfängnisse. .	158	»	V_4	»	Trum.	33	»	stérile	»
				Intersection avec les H'_{5-6}.						
Himmlisch Heer.	Dorothea Mgg.	80	S.	stérile	r	Hilfe Gottes St.	25	»	stérile	»
				Filons H_{8-9}. — N. 134° E.						
				Intersection avec les H'_{5-6}.						
Himmlisch Heer.	Faille.	75	»	stérile	»	Dorothea Fl.	130	»	V_4	»
Idem.	Elisabeth Mgg.	85	S.	Id.	»	Idem.	137	»	V_4	»
Idem.	Felix Mgg.	80	S	Id.	»	Idem.	138	»	V_4	»
Idem.	Idem.	80	S.	Id.	»	Unbennannt Fl.	135	»	»	»
				Filons H_{10}. — N. 155° E.						
				Intersection avec les H'_7.						
Andreas.	Stolln Sp.	108	»	V_3V_8	r	Weisser Schwann Fl.	150	O.	stérile	»
Getreu Nachb. .	Unbennannt Sp.	105	»	V_5	»	Getreu Nachb.	152	O.	V_3V_4	»
				Intersection avec les H'_{5-6}.						
Michaëli.	Failles.	85	N.	stérile		Silbermühle Fl.	155	»	V_4	»
Andreas.	Faille.	75	»	Id.		Reiche Empfängnisse.	158	»	V_4	»
Getreu Nachb. .	Silberkammer Mgg. . .	78	N.	Id.		Trums.	153	»	V_4	»
König Danemark.	Faille.	80	N.	Id.		Schwarzer Adler. . . .	162	»	V_8	»
				Filons H'_7. — N. 106° E.						
				Filons H'_{5-6} — N. 78° E.						

§ 4. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — Les intersections étudiées plus haut permettent de ranger les filons d'Annaberg dans l'ordre suivant, qui d'ailleurs laisse subsister les incertitudes que nous avons cherché à traduire graphiquement.



Si l'on néglige les systèmes dont les retentissements ont été presque masqués à Annaberg par les soulèvements récents, ce tableau se simplifiera et pourra se mettre sous la forme suivante :

Ordre chronologique.	Systèmes de filons.	Remplissages.	
N° 1.	H_9 H_{5-6} H_7	Grünsteins. Porphyre-granite. Schistosité.	Q TV_1
N° 2.	H_{11} H_{0-1}		
N° 3.	H_{8-9} H_{10}		V_3V_4 V_3V_4
N° 4.	H'_7 H'_{5-6}		V_5 V_8

Considérons en particulier les systèmes les plus importants H_{5-6}, H_{0-1}, H_{10} et H'_{5-6}, dont l'ordre relatif est déter-

miné, et comparons-les aux systèmes de montagnes, tout en tenant compte des roches éruptives et des remplissages auxquels ces directions correspondent ; nous arriverons à fixer ainsi qu'il suit l'âge géologique de ces points de repère.

1°) Les fentes H_{5-6} sont en relation avec la schistosité du gneiss gris, et avec des épanchements de porphyre granitique ; elles contiennent le remplissage S_1 ; ce sont donc d'anciennes fentes qui ne peuvent être rapportées qu'au Land's-End ou aux Pays-Bas ; le fait qu'un porphyre certainement antérieur au groupe n° 2 a injecté une de ces fentes H_{5-6}, suffit pour que nous en rapportions au moins une partie au Land's-End ; la raison de l'écart considérable qui existe entre la direction de ce système et celle des fentes H_{5-6} tient selon nous à ce que cette direction a été influencée par la schistosité antérieure N. 55° E., produite par le Westmoreland ; et d'ailleurs les réouvertures récentes à 78° ont pour ainsi dire souligné celles des anciennes fentes du Land's-End qui affectent cette direction, en les transformant en failles que l'exploitation a suivies.

2°) Les filons H_{0-1} ne peuvent se rapporter qu'au système du nord de l'Angleterre, ou à celui de la Corse et de la Sardaigne ; c'est au premier de ces deux systèmes que les astreint leur antériorité aux filons H_{10}.

3°) Ces derniers sont des retentissements du Mont-Viso, auquel leur direction et leur apparition relativement récente les rapportent nécessairement.

4°) Quant à la grande réouverture H'_{5-6}, nous la croyons intimement liée à l'apparition du dôme basaltique du Pöhlberg, qui est la dernière manifestation éruptive du pays, de même que les failles H'_{5-6} représentent les derniers mouvements de la croûte terrestre à Annaberg ; nous avons déjà vu du reste que les basaltes de la Saxe devaient être rapportés en majeure partie au système des Alpes principales

qui a précisément la direction des failles H'_{5-6} ; l'axe volcanique Etna-Ténériffe, qui leur est aussi parallèle, en a peut-être réouvert quelques-unes.

Ces points de repère une fois établis, il est facile de terminer la comparaison des systèmes de montagnes avec les phénomènes de détail qui se présentent à Annaberg ; cette comparaison est résumée dans le tableau suivant :

SYSTÈMES de montagnes.	Direction	Filons.	Direction.	RETENTISSEMENTS GÉOLOGIQUES près Annaberg.	ÉRUPTIONS.	REMPLISSAGE caractéristique.	REMPLISSAGE en réouverture.	REMPLISSAGE coupé.
	degr.							
Vendée.	170							
Longmynd.	35							
Morbihan.	140	H_9	143	Plissements anciens du gneiss gris.	Grünsteins.	Q	V_4	
Westmoreland. . . .	63	H_{3-5}	55	Idem.				
Land's-End.	96	H_{5-6}	78	Idem.	Porphyre-gr.	TS_1	V_4	
Ballons.	111	H_7	106	Idem.	. . . .		V_8	
Lisbonne.	60							
Forez.	172	H_{11}	168	. . . .	. . . .	S_1 ?	V_4	
Nord de l'Angleterre.	7	H_{0-1}	8	. . . .	. . . .		V_4V_8	
Pays-Bas.	92	H_{5-6}	78	. . . .	. . . .	S_1		
Rhin.	24	H_2	28					
Thuringerwald . . .	132	H_9	134	. . . .	. . . .	V_3V_4	V_5	
Mont Seny.	43							
Côte-d'Or.	56							
Mont Viso.	162	H_{10}	156	. . . .	. . . .	V_3V_4	V_5	
Pyrénées.	114	H'_7	106	. . . .	. . . .	V_5		
Corse et Sardaigne.	178							
Tatra.	94							
Alpes occidentales. .	33							
Alpes principales. . .	79	H'_{5-6}	78	Épanchement du Pöhlberg. . . .	Basalte. . . .	V_8		V_4V_8
Tenare.	168							
Etna-Ténériffe. . . .	78							

CHAPITRE III. — DES REMPLISSAGES.

§ 1. *De quelques exemples de remplissage.* — L'analogie que les remplissages d'Annaberg présentent avec ceux de Freiberg, au point de vue de leur âge géologique, des directions qu'ils remplissent, et enfin des caractères minéralogiques, nous dispensera d'entrer dans de longs détails.

Q. Le remplissage de quartz ancien avec mica ne s'est présenté à nous avec certitude que dans certains trums H_9

du Silbermühle fl. (partie S.); il avait en ces points un remplissage complexe :

a) Quartz ancien avec mica, quelquefois réduit mécaniquement en farine grossière.

b) Fluorine et barytine avec veinules plus récentes de dolomite rouge, et mouches de cuivre gris et pyriteux ; par places, dans les druses, barytine en tables carrées.

c) Smaltine.

d) Cristaux isolés de fluorine et de pyrite.

e) Minéraux argentifères (argent rouge) dans les druses et en imprégnations près d'une faille H'_{5-6}.

T. Nous avons constaté la présence du remplissage talqueux mispickélifère dans le Dorothea mgg H_{5-6} ; il se compose de cristaux mal formés et de mouches de mispickel, avec grains verdâtres translucides de talc, le tout dans une roche schisteuse et talqueuse.

V_1. La Kiesige-formation s'est présentée avec son aspect habituel (Freiberg V_1 n° 2) dans la plupart des filons H_{5-6} de la mine Himmlisch Heer; la blende noire et la pyrite de cuivre y dominent; la galène et les autres pyrites n'y sont pas rares; la galène est pauvre et ne contient que 1 à 2 p. 10.000 d'argent.

Cette venue à laquelle les mineurs n'attachent aucune importance à Annaberg, n'y paraît pas abondante; il est juste d'ajouter que ni les filons H_{0-1}, ni les H_2, dans lesquels elle pourrait se trouver en certaine quantité, n'ont été vraiment suivis ou même explorés; ils paraissent d'ailleurs peu nombreux aux environs.

V_2. Nous avons déjà constaté à Freiberg combien il est difficile de distinguer la venue barytique antérieure au Rother Horn et contemporaine des filons du Thuringerwald, de la venue barytique et fluorée qui nous paraît caractériser les filons du Mont-Viso.

La venue V_2 semble ne pas exister à Annaberg, ou du moins y est-elle excessivement peu abondante ; tout au plus

pourrait-on citer quelques trums H_{11}, $H_{6..1}$ et H_9 qui peut-être en contiennent, et dont le remplissage semble coupé par les H_{14} (trum barytique H_{11} coupé par le Silbermühle H_{10}).

V_3, V_4. C'est la venue caractéristique d'Annaberg, où elle est incomparablement plus développée que tous les autres, et vraiment abondante. Elle se présente, pour ainsi dire, avec un aspect particulier dans chacun des filons où on l'a suivie.

1° Silbermühle fl. H_{10}. La fluorine y domine : verte, jaune, violette, elle se présente en masses et en gros cristaux aussi beaux que ceux du Cumberland. La barytine et le rother Horn s'associent à la fluorine de la façon suivante :

a) Rother Horn plus ou moins concassé.

b) Fluorine de toutes couleurs avec mouches de cuivre pyriteux, transformé en cuivre gris à la périphérie.

c) Barytine compacte à petites facettes.

Les druses de la fluorine présentent de gros cristaux cubiques de fluorine, de petites tables de barytine transparente jaunâtre (face P très-développée, a^2 en longueur, e^1, M en modification sur les angles), des cristaux de marcassite. La venue V_5 se présente aussi dans le remplissage précédent : quartz carié pseudomorphisant la barytine et la dolomite; smaltine en agrégations dendritiques, etc.

2° *Getreu Nuchbuchschafter fl. H_{10}*. Il offre un remplissage nettement rubanné et dont l'aspect poreux est très-caractéristique.

Ce remplissage présente en général côte à côte deux zones, l'une quartzeuse, l'autre barytique.

A) Zone quartzeuse.

a) Rother Horn; quartz grenu rougeâtre en double bande sur les bords de la zone, avec filets d'un rouge mat aux limites de séparation.

b) Ce même rother Horn se trouve en morceaux cassés dans un quartz cristallisé vitreux, qui forme le cœur de la zone A, et dont les druses renferment certains minéraux de la zone B. Le rothern Horn contient des frag-

ments englobés du grünstein qui sert ici de salbande (*).

B) Zone barytique.

a) Barytine blanche opaque en tables clivées ou mal cristallisées sur les bords, présentant quelquefois cependant les faces Pa^2e^1.

b) Dolomite ferrugineuse jaune miel, et fer carbonaté, en mouches cristallisées, soulevant les tables brisées de la barytine, et se mélangeant intimement avec une fluorine verdâtre, et des mouches de cuivre gris et pyriteux. Ce mélange englobe des morceaux cassés des quartz A.

c) Enfin, par places, apparaît en traînées discontinues un quartz hornsteinique noir, avec accompagnement probable d'arséniosulfures (V_8) (Pl. VIII, *fig.* 22).

3° ***Mine Himmlisch Heer.*** — Les filons H_9, H_{10}, H_{0-1}, de cette mine contiennent un remplissage compacte, qui fait contraste avec celui du getreu Nachbachschafter fl., et dans lequel on distingue en général :

a) Quartz hornsteinique grenu blanc ou rouge.

b) Fluorine de toutes couleurs, surtout verte et violette.

c) Barytine compacte, blanche ou rouge, à petites facettes.

V_8 Cette venue se présente rarement d'une façon continue à Annaberg; elle forme dans les filons H_{10} des poches en colonne, ou en tapisse les druses; il semble qu'elle recherche les intersections des filons anciens, et il n'est pas rare de la trouver dans les mêmes conditions et aux mêmes endroits que les minéraux argentifères V_8. Cependant le quartz saccharoïde et la dolomite qui en font partie, se trouvent en veinules continues dans certains filons H'_7 et H_{10}, et sont disloqués par les réouvertures H'_{5-6} que pénètre au contraire la venue argentifère.

(*) Cette zone A est identique au remplissage de certains filons hornsteiniques et quartzeux du Morvan H_9 et H_{10}, en relation avec les arkoses d'une part, et des filons fluorés, barytiques et plombifères de l'autre.

La venue V_5 présente comme principaux minéraux ceux du cobalt. du nickel, du bismuth, du cuivre, une galène en cristaux octaédriques, et une blende jaunâtre, des quartz hornsteiniques noirâtres ou cristallins saccharoïdes, des dolomites diversement nuancées, et enfin une fluorine en cristaux récents dans les druses. Voici quelques exemples d'associations de ces différents minéraux entre eux.

1° *Silbermühle fl.* H_{10}.

a) Venue V_4.

b) Agrégats de cristaux de cobalt arsenical avec mouches de pyrite de cuivre.

c) Cristaux isolés de fluorine jaune.

2° *Himmlisch st.* H_{10}.

a) Venue V_4.

b) Cristaux cubo-octaédriques de galène; cette même galène, accompagnée de pyrite de cuivre, pénètre en veinules dans la barytine V_4.

c) Cubes de fluorine.

3° *Dorothea fl.* H_9.

a) Venue V_4.

b) Veinule de quartz hornsteinique noirâtre avec cobalt gris massif.

c) Cubes de fluorine.

4° *Schwarzer Adler fl.* H_{10}.

a) Quartz saccharoïde pseudomorphisant la dolomite.

b) Dolomite et cobalt arsenical.

5° *Unbenannt sp.* H'_7 (près le Getreu Nachb. fl.).

Hornstein noirâtre, avec imprégnations de galène riche en argent, de blende brune, de cobalt gris, d'arsenic natif.

6° *Stolln sp.* H'_7.

a) Rother Horn concassé.

b) Quartz blanc saccharoïde avec bismuth natif, et bismuth oxydé.

V_8. La venue argentifère à Annaberg consiste principalement en argent rouge, sulfuré et natif; on l'a trouvée

dans les filons H_{0-1}, H_9, H_{10}, à leurs croisements avec certaines failles H'_{5-6}; ainsi le Leipsiger st., à son intersection avec l'Élisabeth mgg., a contenu sur 20 mètres de long et 15 mètres de hauteur des minerais argentifères pour une valeur de 60.000 francs. Mais les H_{5-6} réouverts en contiennent aussi par place; ainsi le Félix mgg., en un point où il rencontre un glissement presque horizontal du gneiss (schwebende), glissement dirigé H_{0-1}, plongeant d'environ 14° vers l'ouest, et jouant le rôle de Fahlband, a contenu pour plus de 300.000 francs de minerais argentifères. Ils imprègnent la fluorine qui paraît alors mangée et comme spongieuse.

C'est à une période voisine que nous rapportons la venue de pechblende, déjà signalée dans Urania st., dont on a tout récemment découvert des quantités notables dans un des filons H_{10} d'Himmlisch Heer; à l'avancement nord du Leipsiger st., on a trouvé et suivi vers l'ouest un filon H_{10}, N. 152° E.; il ne contenait d'abord dans un gneiss rouge compacte, qu'un filet de dolomite rougeâtre; puis la roche encaissante est devenue schisteuse, noirâtre, assez analogue aux alaun-Schiefers de Schneeberg, et le remplissage du filon H_{10}, composé de filets de dolomite empâtant des cristaux isolés de fluorine foncée violette, est venu se buter sur les fendillettes d'un faisceau H'_{5-6} qui le rejettent, et qu'on n'avait pas encore entièrement traversées lors de notre visite; en ce point les fentes H_{5-6} et H_{10} se chargent d'une pechblende noire à cassure brillante, avec accompagnement sur les bords de pyrite de cuivre. La roche est imprégnée de galène et de blende jaune. On a déjà retiré quelques quintaux de pechblende; nous avons pu constater en ce point quelques traces de minéraux argentifères.

Nous résumons dans le tableau suivant ce qui se rapporte à l'âge des remplissages d'Annaberg.

Age des remplissages à Annaberg.

SYSTÈMES DE MONTAGNES.	FILONS PRINCIPAUX.	REMPLISSAGES.
Morbihan	H_9	Q?
Land's-End	H_{5-6}	T?
Ballons	H_7	
Pays-Bas	H_{5-6}	V_1
Thuringerwald	H_9	V_2?
Mont Viso	H_{10}	V_3V_4
Pyrénées	H'_7	V_5
Alpes principales	H'_{5-6}	V_8

§ 2. *Exemples d'intersections.*— Il nous reste à appuyer de quelques exemples les phénomènes de réouverture et d'intersection, dont nous avons fait mention plus haut.

1° L'Abraham mgg. H_{5-6}, d'abord stérile et argileux près du Silbermühle fl., présente ensuite au mur, sur une longueur de 40 mètres environ, un beau remplissage de fluorine et barytine, disloqué par places; la faille stérile de réouverture se continue au toit, et constitue bientôt de nouveau à elle seule le filon; elle coupe et rejette de 2^m,50 un filon H_{0-1} rempli de fluorine et barytine; à la croix on a trouvé pour 10.000 francs de minerais argentifères. Il résulte de cet exemple (Pl. VIII, *fig.* 23), que l'Abraham mgg. qui contient par place le remplissage V_4, le coupe et le rejette en d'autres points.

2° Le Reiche Empfängnisse fl. H_{10} (Pl. VIII, *fig.* 24), à peu près stérile, est coupé et rejeté de 2 mètres par une faille argileuse H'_{5-6} accompagnée au mur d'une veinule de fluorine; cette veinule se bute contre le filon H_{10}, et l'injecte d'une fluorine qui est elle-même coupée par la faille H'_{5-6}.

3° Le même Reiche Empfängnisse fl. rempli de gneiss

concassé rejette de 0m,50 une fente H_{5-6}, mais laisse passer a fluorine dont elle est remplie.

4° L'intersection du Getreu Nachbachschafter fl. au nord avec un filon H'_7, se fait dans les conditions suivantes : le filon H_{10}, accompagné d'un faisceau grünsteinique, est d'abord rejeté par une fente H'_{5-6}; puis il se fait couper par le filon H'_7 qui, suivi à l'est et à l'ouest, croise des fentes H_{10}, un deuxième grünstein H_9, et une fente H_{5-6}. Nous avons déjà insisté sur le remplissage caractéristique du filon H_{10} ($V_3 — V_4$), et du filon H'_7 (V_6). Les croix proprement dites sont argileuses; l'une d'elles est riche, en minerai de cobalt.

5° L'Élisabeth sp. (Himmlisch Heer) H_{5-6}, présente, au point où il rejette le Dorothea fl. H_9, des traces non équivoques de réouverture; le remplissage proprement dit, qui a contenu la venue V_1, y est disloqué; au toit les salbandes présentent des miroirs de glissement, au mur une faille argileuse. Au croisement avec l'Unbenannt fl. N. 150° E. H_{10}, qui contient dolomite, nickeline et pyrites, on peut constater que les veinules dolomitiques traversent le remplissage du croiseur, mais elles sont rejetées par les glissements de réouverture. Cette même réouverture rejette, plus loin vers l'ouest, le Leipsiger st. (Pl. VIII, *fig.* 25) H_{0-1}, et son remplissage, barytine, fluorine, dolomite, minerais de nickel et de cobalt; nous savons déjà que cette croix a été riche en minerais d'argent.

Le Leipsiger st. H_{0-1} suivi vers le nord, s'est d'abord buté en α sur un trum H_9 contenant de la barytine (V_2?); au mur ce trum présente des traces de glissements sur lesquels bute nettement en β un trum N. 52° E., rempli de fluorine et barytine; quelques mètres plus loin en γ, le remplissage est coupé net par une faille mince N. 12° E., qui s'accouple au toit avec un filon disloqué de même direction contenant barytine et fluorine; à partir de ce point, le filon H_{0-1} est coupé et rejeté, fente et remplissage par plusieurs

trums H_{3-8} qui présentent des traces de glissements au toit, et au mur un remplissage identique à celui du filon rejeté.

La dernière des fentes N. 50° E., suivie en longueur, devient bientôt stérile; elle coupe et rejette un filon H_{10}, contenant des veinules de dolomite rouge; c'est en δ que cet H_{10} contient, comme nous l'avons déjà indiqué, de la pechblende.

Section V. — Remplissages sulfurés jeunes.

SCHNEEBERG.

CHAPITRE I. — Constitution géologique du champ.

§ 1. *Données historiques et statistiques.* — Le district de Schneeberg est situé au milieu de l'Erzgebirge, sur le versant nord de cette chaîne de montagnes; il comprend des mines considérables de cobalt, concentrées toutes au voisinage de Schneeberg; les filons qu'elles exploitent, appartiennent eux-mêmes à un champ de cassures plus vaste, s'étendant jusqu'à Schwarzenberg au sud-est et jusqu'à Eibenstock au sud-ouest.

L'exploitation des mines de cobalt à Schneeberg, après s'être ralentie au commencement du siècle, a repris aujourd'hui une certaine activité; les mines principales s'échelonnent, au sud-ouest de Schneeberg, dans l'ordre suivant : mines Weisser Hirsch, Gesellschafter Zug, Sieben Schleen, Adam Heber et Wolfgang Maasen ; les autres mines Saint-Georg, Fürsten Vertrag, Rosenkranz, Schindler, Daniel et Alter Türke sont inexploitées ; la mine de cuivre König David reprend ses travaux : une galerie d'écoulement relie toutes ces mines entre elles et va déverser leurs eaux dans la vallée de Nieder-Schlema.

Le nombre des ouvriers occupés dans l'ensemble des travaux est de 900 ; la production en 1867 a été de

212 tonnes de minerais de cobalt représentant une valeur de.	258.000 fr.	696.200 fr.
0t,166 d'argent métallique représentant une valeur de.	33.700 fr.	
8t,300 de nickel métallique représentant une valeur de.	37.500 fr.	
14 tonnes de bismuth métallique représentant une valeur de.	367.000 fr.	

§ 2. *Constitution géologique du district* (*).—Les filons de Schneeberg sont situés au milieu des micaschistes et des schistes argileux qui forment la frontière ouest du massif de gneiss de la Saxe ; la formation dominante à Schneeberg est le micaschiste à mica noir abondant ; il se change au nord en schiste argileux, que l'on retrouve, sous forme d'îlot assez développé, au milieu même des micaschistes de Schneeberg, dans une zone où les filons de cobalt ont leur principal développement. Les schistes affectent au nord et à l'ouest de Schneeberg une direction à 60° avec un plongement de 25 à 50° vers le nord ; dans la région sud-est, ils ont été soulevés par le massif à 135° de granites qui apparaît au milieu d'eux vers Schwarzenberg : les terrains sédimentaires ont en effet des plongements inverses de part et d'autre, et une orientation qui passe par toutes les valeurs de 0 à 180° lorsqu'on tourne autour du massif. Le granite forme au sud-ouest de Schneeberg un vaste épanchement

(*) Müller. *Erz-district von Schneeberg-Gangstudien*, 1857. — Les observations consignées dans ce remarquable mémoire, dont l'auteur ne s'appuie pas sur la théorie des directions, sont une des confirmations les plus nettes et les plus intéressantes de cette théorie : elles déterminent nettement l'âge relatif des remplissages variés de ce champ de cassure, et conduisent au même résultat que la comparaison des systèmes de montagnes avec les filons de ce district.

déjà signalé plus haut (granite de Kirchberg et d'Eibenstock) dont la frontière nord-est est à 135°.

Les filons de Schneeberg se trouvent compris dans la portion de micaschistes enclavée entre le granite d'Ober-Schlema et le grand massif d'Eibenstock; les travaux de mines ont montré que ces deux masses devaient se rejoindre en profondeur, et que les îlots des environs de Schwarzenberg n'étaient que des ramifications de la grande masse granitique formant le fond de la cuvette; la séparation du granite d'Eibenstock et des schistes a été reconnue dans les mines Adam Heber et Wolfgang Maasen; elle plonge de 25 à 35° au nord-est; mais ensuite ce plongement diminue. On a observé des faits analogues pour le granite d'Ober-Schlema, en poussant en profondeur les travaux de la mine Weisser Hirsch : la continuité du fond de granite est donc un fait incontestable.

La séparation du granite et des schistes est toujours très-brusque et fort nette; il y a soudure intime des deux roches à leur contact, on observe rarement de faille argileuse séparatrice; le granite lance en outre dans les schistes une foule de petites ramifications et constitue parfois de véritables filons, toujours nettement coupés par les veines métallifères; nous citerons :

a) Dans la mine Wolfgang Maasen (niveau de la galerie d'écoulement) un filon de granite à 135°, rejeté par le filon Roland à 29°.

b) Dans la même mine, une veine stérile à 97°, rejetant deux filons de granite à 137°.

c) Dans la mine Adam Heber, un filon de granite à 147° coupé par la veine Neu Glück à 133°, etc.

La présence du granite en filons au milieu des schistes, l'absence de faille séparatrice au contact des deux terrains, montrent nettement que cette roche s'est épanchée à l'état pâteux ou s'est ramollie postérieurement au dépôt des schistes, tout en injectant d'anciennes cassures à 137°.

Les grünsteins sont très-fréquents dans les micaschistes de Schneeberg; ils sont surtout répandus dans les schistes argileux du nord (Lössnitz, Hartenstein) au milieu desquels ils apparaissent en couches interstratifiées. Les filons nets de grünstein sont beaucoup plus rares; nous citerons (*) celui de Nieder-Schlema à 36° avec un plongement de 70° N.-O.; il coupe nettement les schistes dirigés à 65° et plongeant de 55° au nord.

Dans les mines de cobalt de Schneeberg, on a reconnu l'existence de grünsteins assez nombreux formant deux traînées à 60°, c'est-à-dire parallèles à l'orientation des schistes à travers les mines Sieben Schleen et Adam Heber d'une part, et les mines Rosenkranz, Rappold et Wolfgang Maasen de l'autre. Ces roches offrent tous les intermédiaires entre la diorite bien caractérisée et le grünstein schisteux; on trouve fréquemment dans leur masse le grenat, la calcite et accidentellement la pyrite, le mispickel, la blende, la galène et la pyrite cuivreuse. Dans la mine Wolfgang Maasen on a reconnu, à 192 mètres de profondeur, un filon-couche à 45° de 0m,80 de puissance, plongeant de 40° au N.-O., formé par une masse grünsteinique avec grenat, épidote et aussi mispickel, blende et galène. Ce filon s'observe également au jour (**).

Les kersantons (***) ont formé quelques filons groupés en deux faisceaux principaux, l'un au nord du champ et l'autre au sud : le faisceau sud est représenté par un filon reconnu dans les mines Alter Türke, Bergkappe et Rosen-

(*) Müller.

(**) L'analyse complète de ce grünstein nous a donné :

Perte au feu.	0,00 (?)	— Pas d'effervescence.
Silice.	40,60	
Alumine.	22,90	
Protoxyde de fer.	12,60	
Chaux.	20,66	
Alcalis (par différence). . . .	3,24	
	100,00	

(***) Müller.

kranz, sur un développement de 2 kilomètres; il est dirigé à 140° avec un plongement de 70° au S.-O., et une puissance de 2 à 10 mètres; fréquemmrent rejeté par les veines métallifères, il a été suivi par le filon Alter Türke sur une certaine longueur. Ce kersanton est constitué par une pâte feldspathique avec des feuillets nombreux de mica chloriteux.

Le faisceau nord comprend des filons des mines St Georg et König David, affectant trois directions, à 140°, à 170° et à 30°; cette dernière direction est plus rare, et s'observe seulement dans les régions où les schistes ont eux-mêmes cette orientation.

Le porphyre rouge quartzifère forme près de Nieder-Schlema trois filons à 50°, 105° et 65°. Ce dernier est coupé par la veine métallifère Clara à 135°.

En résumé la configuration du pays se rapporte au système du Morbihan pour les granites, au Westmoreland pour les schistes et les grünsteins. Les kersantons ont injecté des cassures du Morbihan, et d'ancienes fentes NS (Vendée); les porphyres ont formé des filons à rapporter au Land's-End, au Primitif de Lisbonne.

CHAPITRE II. — DIRECTION ET AGE RELATIF DES FILONS MÉTALLIFÈRES À JOACHIMSTHAL.

I. *Direction des filons.* — On peut donner une première idée très-simple des directions des filons de Schneeberg (Pl. X), en disant qu'ils forment deux faisceaux sensible ment rectangulaires, l'un N.-E., l'autre S.-E , très-dissemblables au point de vue de l'allure des veines qui les constituent et des remplissages qui y ont pénétré. Le faisceau N.-E. comprend les filons à remplissage ancien de quartz stérile, rarement accompagné de sulfures; le faisceau S.-E. représente l'ensemble des filons de cobalt avec remplissages jeunes, barytique, fluoré, cobaltifère : on voit que,

contrairement à ce que présente le champ de Freiberg, les directions riches sont ici comprises entre 90 et 180°.

Certaines veines anciennes N.-E. ont subi une réouverture violente très-jeune, qui a modifié profondément les rejets primitifs produits par les filons de cobalt et qui pourrait au premier abord tromper étrangement sur l'âge relatif des deux systèmes de fractures; les points de croisement des deux faisceaux renferment enfin une venue argentifère, qui paraît la plus jeune de toutes.

Nous donnons immédiatement l'ordre dans lequel se sont succédé à Schneeberg les différentes venues; il est impossible en effet de séparer, dans la description de ce champ, l'étude des fentes de celle de leur remplissage :

1° Q Quartz ancien et mica;

2° S_1 Remplissage de quartz et sulfures anciens;

3° F_e Venue ferrugineuse;

4° B Venue barytique;

5° S_2 Venue arsénio-sulfurée jeune;

6° C Venue de dolomite et calcite;

7° A Venue argentifère.

Faisceau ancien N.-E. — Ce faisceau comprend les filons qui existaient déjà à l'époque de l'arrivée de la venue S_1; il se dédouble aisément à première vue en deux directions d'égale importance : filons H_3, filons H_2.

1° *Filons* H_3. — Ces filons, à remplissage de quartz à peu près stérile, ont été néanmoins suivis sur de grandes longueurs, parce qu'ils recoupent à angle droit le faisceau des filons de cobalt, et servent ainsi de galeries de recherche. Les veines H_3 se distinguent de toutes les autres par l'irrégularité de leur direction et de leur plongement toujours dirigé vers le N.-O.; cette constance s'explique assez bien en remarquant que les filons H_3 ont à peu près suivi la schistosité de la roche encaissante, laquelle présente toujours aussi un plongement vers le nord-ouest. Nous citerons, parmi les veines H_3, les suivantes :

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Gesellschafter Zug. . .	Hercules.	50	60 N. O.
	Jung Elisabeth.	40	N. O.
Rosenkranz.	Porsdfall à l'O.	47	70 N. O.
Sieben Schleen.	Fleischer à l'O.	47	55 N. O.
Adam Heber.	Fleischroth.	42	N. O.
	Moyenne.	46	

2° *Filons* H_2. Ces filons, d'une très-grande importance, ont été explorés sur des longueurs considérables; ils ont également un plongement constant au nord-ouest. On peut distinguer ces veines en deux classes : les unes ont une direction parfaitement rectiligne, et constituent dans toute leur étendue un système unique de filons (König David, St. Michael, Roland), les autres (Bergmann, St Georg, Unbenannter) n'appartiennent au système H_2 que sur une partie de leur parcours ; elles viennent se greffer aux veines anciennes H_3, de telle sorte que le remplissage a suivi tantôt une veine H_3 et tantôt une veine H_2, ce qui rend la direction moyenne de ces filons incertaine, et la rapproche de 35°. Nous insistons sur ces faits parce qu'ils sont exceptionnels à Schneeberg, tandis que dans d'autres champs (Przibram) ils constituent la généralité des cas.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
König David.	König David.	25	60 N. O.
	Saint-Michael.	29	80 N. O.
	Saint-Georg Mg.	29	85 N. O.
Saint-Georg.	Veine H_2.	30	75 N. O.
	Veine H_2.	17	N. O.
Weisser Hirsch.	Bergmann au N. . . .	34	60 N. O.
Adam Heber.	Unbenannter.	26	N. O.
Wolfgang Maasen. . . .	Roland.	30	50 N. O.
	Moyenne.	26	

Ces deux systèmes comprennent le plus grand nombre des filons anciens ; nous rattacherons encore à ce premier groupe quelques veines moins nombreuses, mais de direc-

tion bien nette et que leur remplissage conduit à rapprocher des filons anciens, ce sont des filons H_4, H_{11} et H_{0-1}.

1° *Filons* H_4. — Les veines H_4 sont peu nombreuses et sans importance ; elles n'ont généralement pas été explorées, en raison de leur stérilité presque complète.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Fürsten Vertrag.	Churhaus Sachsen à l'E.	61	60 N. O.
Gesellschafter Zug. . .	Babi.	65	65 N. O.
	Fuchs.	75	65 N. O.
	Frisch Glück à l'E. . .	57	55 N. O.
Adam Heber.	Neue Aussicht.	63	N. O.
	Johannes.	73	N. O.
	Freuliche Aussicht. . .	73	»
	Moyenne.	66	

2° *Filons* H_{11}.— Les filons H_{11} ont quelques représentants bien définis et assez développés (veines Fürsten Vertrag, Sittig, Jung Römer) ; on les confond aisément avec certains filons de cobalt qui les croisent sous un angle très-faible ; mais ils se distinguent de ces derniers, grâce à leur remplissage ancien, toujours traversé et coupé par celui des veines cobaltifères.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Fürsten Vertrag.	Fürsten Vertrag. . . .	158	80 E.
Weisser Hirsch.	Sittig.	170	»
	Veine H_{11}.	170	»
Gesellschafter Zug. . .	König.	170	O.
	Jung Römer au N. . .	174	O.
	Moyenne.	168	

3° *Filons* H_{0-1}. — Ces filons sont rares et tous concentrés dans une zone très-étroite, sous la ville même de Schneeberg :

a) Mine Saint-Georg, faisceau de veines à 0° accompagnant le filon Saint-Georg mgg. ; filon Gabriel à 3° non loin de là.

b) Mine König David, filon Glucks Rad à 6° plongeant O.

Faisceau récent S.-E.—Les croiseurs S.-E., postérieurs à la venue quartzo-sulfurée S_1, coupent comme fente et comme remplissage tous les filons précédents; le faisceau SE se dédouble à première vue en quatre directions distinctes H_{6-7}, H_{7-8}, H_{8-9} et H_{10}; les trois dernières directions représentent les filons les plus importants, et on remarquera à leur égard que deux d'entre elles, H_{7-8} et H_{10}, sont symétriquement disposées par rapport à la troisième, H_{8-9}, qui forme leur bissectrice. Cette prédominance de trois directions voisines donne immédiatement au champ de Schneeberg un aspect tout spécial, les filons y apparaissent par groupes de veines très-rapprochées se croisant sous des angles très-aigus; il est toujours difficile de distinguer une simple branche diagonale ou accidentelle d'un croiseur véritable. Si l'on ajoute enfin à l'ensemble de ce réseau enchevêtré le grand faisceau des veines complexes H_2 et H_3, croisant le tout à peu près à angle droit, on se fera une idée assez exacte des grands traits du champ de cassures de Schneeberg, car les autres filons sont insignifiants lorsqu'on les compare à ces deux faisceaux.

1° *Filons* H_{8-9}.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés	degrés.
König David.......	Rother Kamm......	137	80 N. E.
Fürsten Vertrag.....	Ursula..........	143	N. E.
	Fruchtbare Thorheit. .	130	N E.
Weisser Hirsch.....	Saint-Georg Fl.....	137	80 N. E.
Himmelfahrt Christi. .	Neue Absicht.....	133	N. E.
	Christi Hilfe.	133	N. E.
Alter Türke.......	Tafelstein........	141	»
	Alter Türke.......	142	70 S O.
	Hohe Fichte.......	137	N. E.
Gesellschafter Zug. . .	Neue Hilfe	126	67 N. E.
	Margaretha.......	133	50 S. O.
	Unbenannter......	136	S. O.
Rosenkranz.......	Münzer Zeche......	143	70 N. E.
	Elisabeth........	136	70 N. E.
Priester.........	Gross Winter......	142	80 N. E.
Adam Heber.....	Oswald.........	144	»
	Adam Heber......	129	»
		136	

Les filons H_{8-9} forment un faisceau étendu de veines très-nombreuses, car nous sommes loin d'avoir cité toutes celles que l'exploitation a découvertes ; les représentants les plus développés de ce système sont les filons de cobalt Alter Türke, St. Georg Fl., Münzer Zeche ; nous citerons encore le Rother Kamm qui appartient nettement au même système, mais qui se distingue des autres filons par son remplissage ferrugineux F_1 ; il forme le passage entre les filons de cobalt de Schneeberg et les filons d'hématite rouge du granite d'Eibenstock. Nous avons déjà indiqué que le Rother Kamm est connu sur un développement de 5.600 mètres et qu'il constitue la séparation entre les schistes d'une part et les îlots granitiques d'Ober-Schlema et Auer Hammer de l'autre, apparaissant ainsi comme une réouverture évidente de l'ancien épanchement de granite à 137°.

2° *Filons* H_{10}.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Saint-Georg	Sainte-Anna	146	80 N. E.
Weisser Hirsch	Walpurgis	162	80 S. O.
Himmelfahrt Christi	Führung Gottes	157	75 S. O.
Gesellschafter Zug	Michaëlis	160	50 S. O.
	Frisch Glück	147	N. E.
	Hoffnung Gottes	150	60 S. O.
Rosenkranz	Andreas	146	S. O.
Sauschwart	Glück	150	55 S. O.
Sieben Schleen	Sieben Hüfner	162	46 S. O.
Wolfgang Maasen	Neue Hoffnung	150	S. O.
Lerchenberg	Herzog Christianus	152	S. O.
	Bauer Zug	154	S. O.
	Moyenne	153	

Le représentant le plus intéressant de ce système est la veine double à 162° formée par la réunion des filons Saint-Georg Fl. et Walpurgis qui se suivent à très-faible distance, sur une grande longueur, avec des anastomoses nombreuses.

3° *Filons* H_{7-8}. — Les filons H_{7-8} forment un faisceau s'é-

tendant entre les mines Adam Heber et Gesellschafter Zug, dans une région où dominent aussi des cassures H_{6-7}, avec lesquelles ils sont constamment en relation.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Gesellschafter Zug. . .	Elisabeth.	110	N. E.
	Trum de Zwickauer. .	120	70 N.
Sauschwart.	Sauschwart.	117	81 N. E.
Himmelfahrt Christi. .	Drei Brüder.	122	N. E.
Berg Kappe.	Segen Gottes.	110	N. E.
	Dreifaltigkeit.	122	75 S. O
Schindler.	Anna à l'E.	112	64 N. E.
Sieben Schleen.	Sieben Schleen.	112	50 S. O.
Wolfgang Maasen. . .	Friedrich August. . . .	113	65 N. E.
	Wolfgang.	118	64 N. E.
	Auferstehung.	118	78 S. O.
	Maximilian.	119	70 N. E.
	Alexander.	113	78 N. E.
	Sidonie.	118	60 N. E.
	Moyenne.	114	

4° *Filons* H_{6-7}. — Les filons H_{6-7} apparaissent sous forme de veines très-peu développées, mais très-nombreuses, dans la partie du champ comprise entre les mines Wolfgang Maasen et Gesellschafter Zug; elles se soudent généralement aux filons H_{7-8} qui ont un développement prononcé dans cette partie du champ.

DISTRICT.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Gesellschafter Zug. . .	Zwickauer.	100	70 N.
	Brigitte.	97	60 N.
	Jacob.	92	65 N.
	Röhling.	106	55 N.
	Kalb.	91	85 N.
Sauschwart.	Hermann.	97	55 N.
	Hoffnung Gottes. . . .	92	»
Rosenkranz.	Friedrich.	92	60 N.
	Hildebrand.	88	60 N.
	Jung Mohr.	88	65 N.
Priester.	Priester.	105	67 N.
Daniel.	Hilfe Gottes.	95	70 N.
Schindler.	Trum d'Anna.	95	55 N.
Wolfgang Maasen. . .	Friede Fürst.	96	60 N.
Adam Heber.	Eva.	90	S.
	Moyenne.	95	

§ 2. *Des intersections de filons.* — Afin de ne pas compliquer inutilement la description des directions métallifères à Schneeberg, nous avons omis à dessein quelques veines véritablement sans importance ; si l'on considère leur petit nombre et leur faible longueur, elles n'apparaissent pas sur une carte d'ensemble, et l'étude dans la mine permet seule de les mettre en évidence ; ces veines trouvent naturellement leur place dans la description des croisements. L'étude des rejets de filons et l'observation de la manière d'être du remplissage aux points de croisement permettent de fixer, comme il suit, les époques relatives de la formation des différentes fentes et de l'arrivée des minerais à leur intérieur :

District.	Profondeur en mètres.	Filon rejetant. Nom.	Direction.	Remplissage.	Filon rejeté. Nom.	Direction.	Remplissage.
		Filons H_9. — N. 135° E.					
		1° Intersection avec les filons H_4.					
	mètr.		degrés			degrés	
König David.	88	Veine H_4.	67	stérile	Veine H_9.	137	stérile
		2° Intersection avec les filons H_2.					
König David.	88	König David.	25	S_1	Tr. de Kaiser Heinrich.	137	S_1
		Filons H_3. — N. 46° E.					
		1° Intersection avec les filons H_{8-9}.					
Gesellschafter Zug. .	206	Trum de Sauschwart.	132	S_2	Veine H_3.	50	S_2
Adam Heber.	348	Neu Jahr.	130	S_2	Fleischroth.	42	S_1
		Neu Glück Hilfe. . . .	137	S_2	Idem.	42	S_1
		2° Intersection avec les filons H_{10}.					
Adam Heber.	300	Veine H_{10}.	156	stérile	Fleischroth.	42	S_1
		Filons H_4. — N. 66° E.					
		1° Intersection avec les filons H_{10}.					
Adam Heber.	252	Sieben Hüfner.	162	S_2	Neue Aussicht.	63	S_1
König David.	88	Veine H_{10}.	157	stérile	Morgenstern.	67	S_1
		2° Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Wolfgang Maasen. . .	250	Maximilian.	119	S_2	Trum de Roland. . . .	63	S_1
		Filons H_{11}. — N. 170° E.					
		Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Adam Heber.	»	Hoffnung.	115	S_2	Sieben Hüfner.	167	S_2
Wolfgang Maasen. . .	»	Wolfgang.	118	S_2C	Veine H_{11}.	170	S_2
		Filons H_{0-1}. — N. 3° E.					
		Intersection avec les filons H_2.					
Saint-Georg.	88	Saint-Georg.	27	BA	Gabriel.	3	BA
		Filons H_{6-7}. — N. 95° E.					
		1° Intersection avec les filons H_2.					
Adam Heber.	252	Unbenannter.	37	S_1	Segen Gottes.	87	S_2
		2° Intersection avec les filons H_{8-9}.					
Adam Heber.	252	Trum d'Adam Heber. .	126	S_2	Eva.	90	S_2
		Veine H_9.	132	S_2	Johannes.	90	$S_1F_1S_2$
		3° Intersection avec les filons H_{10}.					
Adam Heber.	252	Sieben Hüfner.	162	S_2	Segen Gottes.	87	S_2
		4° Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Wolfgang Maasen. . .	180	Maximilian.	119	S_2A	Veine H_6.	87	S_2C
	392	Maximilian.	119	S_2A	Idem.	87	stérile
		Joseph.	122	S_2	Idem.	87	—
		Auferstehung.	118	S_2C	Idem.	87	—
	350	Wolfgang.	117	S_2C	Idem.	87	CA
	320	Friedrich August. . . .	112	S_2C	Idem.	80	stéril

DISTRICT.	Profondeur en mètres.	FILON REJETANT. Nom.	Direction.	Remplissage.	FILON REJETÉ. Nom.	Direction.	Remplissage.
		Filons H_2. — N. 26° E.					
		1° Intersection avec les filons H_{8-9}.					
	mètr.		degr.			degr.	
König David.	88	Rother Kamm.	137	F_1	König David.	25	S_1
Weisser Hirsch. . . .	288	Trum de Walpurgis. .	134	F_1S_2	Veine H_2.	24	stérile
		Idem.	134	F_1S_2	Idem.	32	—
		2° Intersection avec les filons H_{10}.					
Adam Heber.	300	Veine H_{10}.	156	S_2	Fleischroth.	32	S_1
		3° Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Wolfgang Maasen. . .	250	Maximilian.	119	S_2A	Roland.	32	S_1
		Filons H_{8-9}. — N. 136° E.					
		1° Intersection avec les filons H_{10}.					
Gesellschafter Zug. .	206	Veine H_{10}.	160	C	Neue Hilfe.	128	S_1
Weisser Hirsch. . . .	288	Walpurgis et St-Georg.	162	stérile	Veine H_9.	142	S_1
		2° Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Gesellschafter Zug. .	206	Sauschwart.	117	S_2	Neue Hilfe.	126	S_1
Adam Heber.	252	Veine H_8.	112	stérile	Veine H_9.	127	stérile
		Filons H_{10}. — N. 158° E.					
		Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Gesellschafter Zug. .	206	Sauschwart (*).	117	S_2	Frischglück.	157	S_1
		Réouverture H_{2-3}. — N. 85° E.					
		1° Intersection avec les filons H_{6-7}.					
Wolfgang Maasen. . .	250	Roland.	30	S_1C	Veine H_{6-7}.	[illegible]	stérile
		2° Intersection avec les filons H_9.					
Adam Heber.	300	Fleischroth.	40	S_1	Neu Glück.	132	C
		Idem.	43	S_1	Unbenannter.	142	S_1
	250	Idem.	32	S_1	Adam Heber.	132	S_1
Wolfgang Maasen. . .	350	Roland.	29	S_1C	Veine H_9.	139	C
		3° Intersection avec les filons H_{10}.					
Gesellschafter Zug. .	250	Frischglück.	42	S_1	Veine H_{10}.	152	G
		4° Intersection avec les filons H_{7-8}.					
Gesellschafter Zug. .	206	Morgenstern.	47	S_1	Sauschwart.	117	S_1
Wolfgang Maasen. .	180	Roland.	32	S_1G	Friedrich August. . .	118	[illegible]
	200	Idem.	32	S_1G	Sidonie.	115	[illegible]
	250	Faille.	30	stérile	Alexander.	113	[illegible]
	320	Idem.	34	—	Friedrich August. . .	119	S_1C
	350	Roland.	32	S_1	Wolfgang.	117	[illegible]
	370	Faille.	34	stérile	Friedrich August. . .	119	S_1C

(*) Voir Pl. XI, *fig.* 7.

Les exemples d'intersections de filons que nous venon de citer, fixent d'une façon précise l'âge relatif des filons jeunes et des venues qui les ont pénétrés; postérieurs au remplissage quartzo-sulfuré S_1, les filons jeunes se rangent nettement dans l'ordre d'âge suivant : filons H_{8-9}, H_{10}, H_{7-8}, et réouverture H_{6-8}; les éléments nécessaires pour classer d'une façon analogue les veines anciennes, celles qui contiennent le remplissage S_1, manquent à peu près complétement ; il faudra y suppléer par des considérations d'analogie, fondées sur la similitude de direction et de remplissage qu'offrent ces veines avec les filons des champs de cassures voisins. Nous ferons observer dès à présent que les fractures anciennes se réduisent presque toutes à celles des systèmes H_2 ou H_3 et l'âge de ces deux systèmes sera déterminé plus tard avec un degré très-grand de certitude. En dehors des fentes H_2 ou H_3, les filons anciens ne comprennent qu'un faisceau véritablement important, celui des veines H_{6-7}, qui a dû éprouver une réouverture très-forte à l'époque de l'arrivée de la venue cobaltifère S_2, puisqu'il la renferme en abondance. Les considérations de croisement des fentes et des remplissages fixent donc comme il suit l'ordre d'âge des veines métallifères :

FILONS.	REMPLISSAGES.	
Fentes anciennes H_9.	Antérieures à Q.	
Filons H_3 } Age relatif indéterminé.		
— H_4		
— H_{11}	Antérieurs à S_2.	
— H_{6-7}		
— H_{0-1}		
— H_2	Antérieurs à S_1.	
Filons H_{8-9}	Antérieurs à F_1.	Postérieurs à S_1.
— H_{10}	Idem.	Idem.
— H_{7-8}, H_{6-7} réouverts	Antérieurs à S_2.	Postérieurs à F_1.
Réouverture H_{6-8}	Antérieure à A.	Contemporaine de C.

§ 3. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — Les analogies d'âge et de direction permettent de mettre, en

regard des filons suivants, les systèmes de montagnes qui leur ont vraisemblablement donné naissance :

Fentes anciennes H_9.	Retentissement du Morbihan.
Filons H_3.	Retentissements du Westmoreland.
— H_2.	Système du Rhin.
— H_{8-9}. . . .	Thuringerwald.
— H_{10}. . . .	Mont Viso.
— H_{7-8}. H_{6-7} réouverts	Pyrénées.

Les fentes anciennes à 135° avec remplissage de vieux quartz et mica, coupées et rejetées par tous les filons, sont à assimiler aux filons de granites anciens (système du Morbihan).

Les veines H_3 sont certainement à rapporter au Westmoreland, leur allure ne peut laisser aucun doute à cet égard ; ces veines ont en effet un plongement très-irrégulier, tantôt confondu avec celui des schistes qu'il suit sur des longueurs notables, tantôt le coupant sous un petit angle ; elles se présentent en un mot avec les caractères de cassures anciennes contemporaines du plissement des schistes, c'est-à-dire du système du Westmoreland.

Les veines H_2 à remplissage quartzeux, avec venue sulfurée généralement rudimentaire et développée dans les seuls filons cuivreux de la mine König David, ont une analogie complète avec les veines de même direction et de même remplissage que l'on rencontre dans toutes les mines de la Saxe et de la Bohême (Freiberg, Przibram, etc.); nous sommes dès lors fondés à les rapporter au système du Rhin.

La détermination des systèmes de montagnes, répondant aux filons jeunes, est plus facile, puisque leur âge relatif est déjà connu. Les veines H_{8-9} très-régulières, à remplissage ferrugineux F_1, croisant toutes les veines H_2 et postérieures au remplissage S_1, ont une analogie manifeste de remplissage avec les grands croiseurs barytiques de Frei-

berg (système du Thuringerwald). Nous assimilerons les filons H_{10} aux retentissements du Mont-Viso, enfin la formation des filons H_{7-8}, les plus jeunes du champ, et la réouverture contemporaine du faisceau H_{6-7} nous paraissent à rapporter au système des Pyrénées. Nous allons aborder maintenant la classification des veines H_{6-7}, H_4, H_{0-1} et de a réouverture H_{2-3}.

1° *Filons* H_{6-7}. — *a*) Le faisceau principal des veines H_{6-7} dirigées en moyenne à 95°, a subi une réouverture puissante contemporaine de la formation des cassures H_{7-8} (système des Pyrénées) au moment de l'arrivée des minerais de cobalt S_2; l'ancienneté de ces fentes est masquée presque totalement par cette réouverture; il semble néanmoins que l'on doive considérer le faisceau H_{6-7} comme se rapportant à des cassures anciennes, en raison de la faible longueur et de l'irrégularité de ses veines : la présence des remplissages Q et S_1 que l'on observe nettement, bien qu'en faible proportion, dans quelques-uns de ces filons (Hoffnung Gottes, Segen Gottes), ne peut laisser aucun doute à cet égard. Les veines H_{6-7} sont complétement mêlées au faisceau pyrénéen qui s'est superposé à elles; nous les rapportons, en raison de leur orientation à 95° et de leur ancienneté, au système du Land's-End.

b) Nous avons observé dans les mines des fentes assez fréquentes H_{5-6} N. 87° E., tantôt stériles, tantôt à remplissage quartzeux S_1, rejetées par tous les filons jeunes et même par les veines H_2; nous les rapporterons au même système que les précédents, peut-être réouvert par les Pays-Bas.

2° *Filons* H_4. — Les filons H_4 à remplissage S_1 ne sont plus exploités ; nous ne connaissons qu'un seul représentant de ce système, le filon Johannes de la mine Adam Heber : il se présente nettement comme un filon double, formé de deux veines distinctes, soudées l'une à l'autre (Pl. XI, *fig.* 5); la première *a* se compose de quartz ferru-

gineux F_1 englobant des morceaux de quartz ancien de la venue S_1, la seconde *b* est formée de quartz cristallin jeune avec bismuth natif de la venue S_2. La présence du remplissage S_2 montre bien l'ancienneté des fentes H_4 ; nous les rapportons au Primitif de Lisbonne.

3° *Filons* H_{0-1}. — Nous avons vu que les veines de ce système renfermaient généralement le remplissage barytique B : elles sont néanmoins anciennes, comme le prouve le rejet déjà cité du filon Gabriel à 3° par le Saint-Georg mgg H_2. Les fractures H_{0-1} sont donc antérieures au système du Rhin, nous les rapportons à celui du nord de l'Angleterre.

4° *Réouverture* H_{2-3}. — La réouverture récente des veines H_2 et H_3, déjà signalée comme accidentelle dans quelques champs de filons, est tout à fait normale à Schneeberg ; on peut dire qu'à l'exception des filons cuivreux de la mine König David, toutes les veines H_2 et H_3 du champ présentent des signes évidents de cette réouverture ; le filon Roland mgg., notamment, rejette fréquemment de plus de 2 mètres les filons de cobalt ; au point de vue de l'âge du remplissage, cette réouverture offre un très-grand intérêt parce qu'elle permet de resserrer, entre des limites très-étroites, l'époque de l'arrivée des minerais les plus importants, ceux de cobalt et de nickel.

Nous avons déjà cité des exemples de cette réouverture rejetant tous les autres filons ; nous indiquerons ici les circonstances spéciales qu'offrent ces rejets :

Le filon Morgenstern mgg. à 47° (mine Gesellschafter-zug à 206 mètres de profondeur) croise le filon Sauschwart sp. à 117° ; la veine Morgenstern a un remplissage de quartz blanc opaque S_1, le filon Sauschwart renferme le quartz cristallin caractéristique de la venue cobaltifère S_2 avec dolomie ; ce remplissage traverse le quartz S_1 de Morgenstern, mais il est en même temps coupé par une série de

fentes argileuses stériles accompagnant la fente H_8 (Pl. XI, *fig.* 1) (*).

Le filon Fleischroth mgg. à 40° (mine Adam Heber à 200 mètres) avec quartz S_1, coupé comme fente et comme remplissage par le filon Neu Glück à 132° avec venue S_2, a éprouvé au mur une réouverture stérile rejetant le croiseur (Pl. XI, *fig.* 2).

Le filon Roland mgg. à 29° (mine Wolfgang Maasen) coupe et rejette des veines de dolomite à 137°, la dolomite a injecté par places la fente de Roland antérieurement à la réouverture (Pl. XI, *fig.* 3).

Le même filon Roland a rejeté de 3 mètres le Friedrich August, en coupant son remplissage de quartz cristallin, speiss cobalt, bismuth natif et dolomite rose en veinules (Pl. XI, *fig.* 4).

La réouverture des veines H_2 et H_8 est très-jeune, puisqu'elle est postérieure aux filons H_{7-8} (système des Pyrénées) et à leur remplissage, on ne peut l'attribuer qu'au soulèvement des Alpes occidentales avec lequel elle coïncide en direction. L'âge de la grande venue du cobalt, nickel et bismuth se trouve donc compris entre des limites étroites, puisque ces minerais sont postérieurs aux retentissements des Pyrénées et antérieurs au soulèvement des Alpes occidentales.

Telles sont les considérations diverses qui permettent de fixer avec quelque probabilité l'âge absolu des filons métallifères à Schneeberg; nous résumerons comme il suit ce qui précède :

(*) Müller a signalé maints exemples de ces réouvertures complexes.

SYSTÈMES de montagnes.	Direction.	RETENTISSEMENTS à Schneeberg.	Systèmes de filons.	Direction.	Réouvertures.	Remplissage.
	degr.			degr.		
Morbihan.	140	Granite ancien.	H_9	137	»	Q
Westmoreland.	63	Schistes, grünsteins. . . .	H_3	46	»	Q
Land's End.	96	Filons de porphyre.	H_{6-7}	95	»	QS_1S_3
Lisbonne.	60	Filons de porphyre.	H_4	66	»	S_1
Forez.	172	. . . .	H_{11}	168	»	S_1
Nord de l'Angleterre. . .	7	. . . .	H_{0-1}	5	»	S_1B
Pays-Bas.	92	. . . .	H_{5-6}	87	»	S_1
Rhin.	24	. . . .	H_2	26	H'_3	S_1
Thuringerwald.	132	. . . .	H_{8-9}	136	»	F_1B
Mont Viso.	162	. . . .	H_{10}	153	H'_{11}	F_1B
Pyrénées.	114	. . . .	H_{7-8}	114	H'_{6-7}, H'_{5-6}	S_3
Alpes occidentales. . . .	33	. . . .	H_{2-3}	34	H'_2, H''_3	C
Alpes principales.	79	. . . .	»	»	»	A

Les filons de Schneeberg et de Freiberg offrent, comme on le voit, la plus grande analogie entre eux, avec cette différence que les filons anciens ont une importance très-grande à Freiberg, tandis qu'à Schneeberg ce sont les filons récents qui dominent; si l'on considère que les seuls filons anciens ayant de l'importance, les veines H_3 et H_2 se rapportent avec une certitude très-grande aux systèmes du Westmoreland et du Rhin, et que l'assimilation des grands filons H_{8-9}, H_{10} et H_{7-8} aux systèmes du Thuringerwald, du Mont-Viso et des Pyrénées est en quelque sorte forcée, que la réouverture des veines H_{2-3}, rapportée aux Alpes occidentales, vient enfin confirmer cette classification, on admettra que la comparaison entre les systèmes de montagnes de l'Europe et les directions des filons à Schneeberg est très-satisfaisante. On voit dès à présent, et en se bornant même aux considérations de directions, que le champ de Schneeberg a une physionomie spéciale qui le désigne comme un intermédiaire entre Freiberg et Joachimsthal dans l'étude des filons de la Saxe; nous insisterons sur ces analogies en parlant des remplissages.

CHAPITRE III. — DES REMPLISSAGES.

§ 1. *Remplissages au point de vue géologique.* — Les remplissages successifs se sont succédé à Schneeberg à des intervalles plus ou moins éloignés et ont constitué les venues suivantes :

Venue accidentelle Q (*).

Elle est caractérisée par un quartz gras d'un blanc grisâtre, accompagné de mica blanc en lames hexagonales et quelquefois de mispickel et de wolfram ; on la rencontre dans quelques fentes anciennes H_{11}, H_9, H_3, H_{6-7}. C'est probablement un représentant de la venue stannifère.

V_1. Venue sulfurée S_1.

Elle est très-répandue dans tous les filons anciens, spécialement dans les H_3, H_2 et constituée par l'association suivante :

1° Quartz amorphe à éclat gras ou laiteux, formant la base du remplissage.

2° Mélange de sulfures en veinules dans le quartz : pyrite, mispickel, blende noire, galène pauvre, pyrite, minerais de cuivre.

V_2. Venue ferrugineuse F_1.

On la rencontre spécialement dans les filons H_{8-9} et H_{10} ; elle comprend :

1° Quartz ferrugineux amorphe d'un rouge brun ou rouge sang (rother Horn), très-fréquent à Schneeberg.

2° Quartz cristallin blanc ou gris, améthyste, calcédoine.

3° Hématite rouge ou brune compacte. Fer oligiste cristallisé.

(*) Nous désignons ces venues par les mêmes notations que les remplissages analogues de Freiberg.

4° Minerais de manganèse.

Il n'y a pas d'ordre d'âge bien défini pour les minéraux de la venue F_1; quand les filons de cette espèce offrent une structure rubannée, ce qui est fort rare, on trouve indifféremment aux salbandes, ou le hornstein, ou l'améthyste, ou l'hématite; les minerais de manganèse sont plus jeunes.

V_4. Venue barytique B.

Elle est peu développée; on la rencontre dans quelques filons H_{0-1} et H_2, plus rarement dans les veines H_{8-9} ou H_{10}; elle est formée :

1° D'une barytine rougeâtre à grandes parties, constituant souvent à elle seule tout le remplissage.

2° De fluorine et de dolomite. Ces deux minéraux sont beaucoup plus rares.

V_5. Venue arsénio-sulfurée S_2.

C'est la venue la plus importante et la plus répandue, spécialement dans les veines H_{8-9}, H_{10} et H_{7-8}; elle présente l'association suivante :

1° Quartz cristallin translucide, à cassure saccharoïde (Zucker-quartz des Allemands) ; il est caractéristique de la venue S_2 et se distingue immédiatement de toutes les autres espèces de quartz de Schneeberg.

2° Arsénio-sulfures de cobalt et de nickel, en veinules ou en grains mêlés au quartz cristallin.

3° Bismuth natif en feuilles, en baguettes, parfois accompagné d'un quartz bleuâtre ou noirâtre légèrement postérieur aux minerais de cobalt.

4° Galène apparaissant parfois seule dans les régions stériles des filons de cobalt. Blende jaunâtre.

5° Minéraux antimonifères,

V_7. Venue de dolomite et de calcite C.

La dolomite et la calcite sont fréquentes dans les filons de cobalt; elles forment une venue distincte coupant le remplissage S_2 et constituant la gangue la plus jeune des

filons. Cette venue n'a pas été complétement stérile, elle est accompagnée d'un remplissage développé à Joachimsthal, mais qui n'apparaît ici qu'à l'état rudimentaire :

1° Galène riche à structure grenue, blende jaunâtre compacte ou cristallisée en dodécaèdres rouge-hyacinthe transparents imitant le grenat.

2° Pechblende et arsenic natif.

V_8. Venue argentifère A.

Elle comprend les espèces minérales de l'argent, accompagnées de réalgar, en colonnes minces aux points de croisement des filons ; ces espèces forment généralement des druses au milieu de tous les autres remplissages ; leur venue doit être attribuée à la dernière réouverture des filons.

§ 2. *Relations d'âge entre les diverses venues.*

Quartz ancien Q. — Le filon Segen Gottes H_{6-7} (mine Adam Heber, 250 mètres de profondeur) renferme une veine de quartz ancien opaque, au milieu duquel s'est développé un mica blanc, du mispickel et du wolfram ; le même filon renferme aussi par places le quartz ferrugineux et le quartz cristallin des venues F_1 et S_2, ces derniers coupent nettement la première veine.

Le filon H_{10} formé de la réunion du Saint-Georg fl. et du Walpurgis, à remplissage de quartz cristallin et minerais de cobalt S_2, est accompagné d'une veine quartzeuse ancienne avec mica chloriteux et molybdénite en lames hexagonales, fréquemment rejetée par la veine cobaltifère (*).

Le filon Fürsten Vertrag fl., formé de la réunion de deux veines, l'une barytique B, l'autre cobaltifère S_2, est accompagné d'une troisième veine de quartz Q avec mica chloriteux, coupée par les deux premières (**).

L'ancienneté de certains filons H_9 ou H_{11} nous est attestée

(*) Müller.
(**) *Idem.*

par les exemples qui précèdent ; ils apparaissent au premier abord comme des fractures très-jeunes eu égard à leur analogie complète de direction et de remplissage avec les filons jeunes qui les accompagnent ; la présence du remplissage Q disloqué nous montre que ces filons ont été simplement réouverts à l'époque des venues F_1, B et S_2, mais que leurs fentes existaient bien avant l'arrivée de ces remplissages ; nous rapportons les filons anciens H_{11} au système de la Vendée dont nous trouverons des traces dans toute la Saxe. Le remplissage Q avec ses minéraux accidentels, wolfram, molybdène sulfuré, tourmaline et mica se rapproche de celui des filons d'étain du voisinage (Eibenstock, Ehrenfriedersdorf). On a vu que la venue de hyalomicte à gros éléments, qui les constitue, remplit des fentes du Land's-End.

V_1. *Venue sulfurée* S_1.— La venue sulfurée S_1 ne se présente pas à Schneeberg avec des caractères identiques dans toutes les mines ; aussi M. Müller l'a-t-il divisée en trois venues distinctes ; cette classification ne repose pas sur des différences réelles dans le remplissage ; elle est plutôt fondée sur des variations dans la proportion relative des différents minerais, savoir :

1° *La taube-quartz-Formation.*—Dans laquelle le quartz domine, constituant fréquemment à lui seul tout le remplissage ; la venue sulfurée n'y apparaît qu'à l'état embryonnaire.

2° *La kiesige-blei Formation.* — Identique à celle de Freiberg ; association de quartz, mispickel, blende, pyrite, galène pauvre (3 à 6 p. 10.000 d'argent), et rarement pyrite cuivreuse ; la galène forme avec le quartz les espèces dominantes.

3° *La kupfer-Formation.*—Association de quartz, blende noire, pyrite cuivreuse, cuivre panaché, cuivre sulfuré, fahlerz et galène en faible proportion.

On voit que ces trois venues n'offrent de différences réel-

lement importantes qu'au point de vue de l'exploitation ; en réalité au point de vue géologique, elles ne constituent qu'une seule formation, puisque chacune d'elles renferme les minéraux de toutes les autres et avec des caractères identiques.

1° La taube-quartz-Formation est la plus développée, on la rencontre dans les filons H_3, H_4 et H_2 des mines de cobalt ; les minerais de cobalt et d'argent ont pénétré dans ces filons en leurs points de croisement avec les filons jeunes ; enfin la réouverture H_{2-3} qu'ils ont éprouvée, a rejeté fortement ces derniers ; l'ancienneté du remplissage S_1 est néanmoins incontestable, chaque croisement en fournit un exemple net :

a) Mine Adam Heber. A 200 mètres de profondeur, le filon Fleischroth mgg. à 42° avec un remplissage quartzeux S_1 est légèrement rejeté par le filon Neu Glück Hilfe à 157°, contenant du quartz cristallin avec mouches de speiss cobalt.

b) Mine Saint-Georg. Le filon Saint-Georg mgg. a pour remplissage le quartz ancien S_1, il renferme aussi deux autres venues plus jeunes : une veinule de quartz améthyste F_1 et une veine de barytine rougeâtre B, traversant les deux premières (Pl. XI, *fig.* 8).

2° La kiesige-blei-Formation apparaît avec une certaine abondance dans quelques filons (Fröschgeschrei H_{11}, Babi H_4, Jung Römer H_{0-1}) ; elle remplit aussi quelques veinules accompagnant certains filons de cobalt H_{6-7} et H_{10} : Saint-Georg fl., Hoffnugn Gottes fl., Sauschwart, Daniel, Wolfgang, gross Winter, alt Türker ; elle a rarement donné lieu à des exploitations suivies.

La présence de la kiesige-Formation dans certains filons de cobalt H_{6-7} et H_{10}, a une grande importance ; elle montre nettement que ces filons ont été réellement formés aux dépens de fentes anciennes, grâce à une réouverture jeune ; la venue cobaltifère S_2 de ces filons traverse toujours net-

tement le quartz et la galène de l'ancienne venue S_1 (mine Wolfgang Maasen, filon Wolfgang sp.).

3° La kupfer-Formation s'est concentrée dans quelques filons H_2, au sein de l'îlot granitique d'Ober-Schlema ; les minerais de cuivre sont assez abondants pour avoir donné lieu à une exploitation active dans les mines König David, Saint-Michaël et Saint-Christoph.

Le filon König David est le plus important des filons de cuivre de Schneeberg ; sa puissance atteint parfois 4 mètres. Au nord, à la séparation du granite et des schistes, il est fortement coupé et rejeté, fente et remplissage, par le Rother Kamm à 157° avec remplissage très-puissant de quartz ferrugineux F_1 (Pl. XI, *fig.* 9). Au sud du granite, il pénètre également dans les schistes au milieu desquels il se divise en plusieurs veines et perd assez rapidement sa puissance et sa richesse.

Le filon Saint-Michaël au nord du précédent a un remplissage analogue; la galène s'y est développée par places avec une certaine abondance ; ce filon a éprouvé une réouverture à l'époque de la venue barytique B, on y observe en effet une barytine rouge traversant la venue sulfurée. Dans la mine Weisser Hirsch, on a observé dans quelques fentes H_6 un remplissage de blende noire, galène à grandes facettes et minerais de cuivre.

V_3. *Venue ferrugineuse* F_1. — La venue ferrugineuse F_1 est nettement représentée à Schneeberg par un quartz ferrugineux compacte, à cassure conchoïde, d'une couleur variant du rouge sang au brun foncé; ce hornstein constitue très-fréquemment le remplissage le plus ancien des filons de cobalt H_{6-7}, H_{8-9} et H_{10}; il est presque toujours le seul représentant de la venue F_1 dans ces filons, et caractérise par son abondance certaines veines (Sidonie, Walpurgis). Son ancienneté relative est incontestable, il a été brisé par la réouverture qui a amené le remplissage arsénio-sulfuré S_2; assez souvent associé aux minerais de cobalt, le rother

Horn pourrait être pris pour un des éléments de cette venue; malgré cette apparence, les arséniosulfures imprègnent simplement les fendillettes du hornstein, et ont cimenté parfois des débris de ce quartz; voici quelques exemples de cette ancienneté relative du rother Horn :

1° Les filons Saint-Georg fl. et Walpulgis, appartenant tous deux au même système, se suivent à une faible distance sur une grande longueur ; Walpurgis est caractérisé par un hornstein rouge, Saint-Georg fl. renferme le quartz cristallin de la venue S_2 ; il traverse plusieurs fois en direction et en plongement Walpurgis; on trouve dans le quartz de Saint Georg des débris du hornstein de Walpurgis, et le filon Saint-Georg fl. dans sa partie nord renferme en abondance le rother Horn concassé et cimenté par des minerais de cobalt et de nickel.

2° Dans la mine Gesellschafter Zug, à 206 mètres de profondeur, une veine H_{8-9} a pour remplissage :

a) Quartz cristallin avec pyrite et speiss cobalt.

b) Morceaux aigus de hornstein pris dans le remplissage précédent (Pl. XI, *fig.* 6).

3° Le filon Johannes (mine Adam Heber, à 250 mètres de profondeur) est formé de deux veines accolées, l'une avec hornstein englobant des morceaux aigus de quartz ancien, l'autre plus jeune avec quartz cristallin et bismuth natif.

Le hornstein présente des variétés assez nombreuses, et tout porte à croire que son dépôt s'est prolongé fort longtemps; il passe fréquemment au quartz améthyste ou à la calcédoine; dans le Rother Kamm, il se présente souvent à l'état de quartz grenu d'un blanc grisâtre, peu ferrugineux. Son âge est assez aisé à déterminer, il est postérieur à la venue sulfurée S_1, puisque le Rother Kamm coupe le remplissage cuivreux du filon König David, et aux fractures H_{8-9} et H_{10}; il est antérieur à la réouverture violente des filons H_{7-8} qui l'a brisé. Le rother Horn a probablement commencé son

apparition peu après la formation des fractures H_{8-9} (Thuringerwald), et son dépôt s'est prolongé postérieurement à la formation des fractures H_{10} (Mont Viso).

L'hématite rouge n'apparaît que rarement dans les filons de Schneeberg; elle forme au contraire des veines puissantes dans le massif granitique d'Eibenstock, et l'identité complète de cette formation avec la venue F_1 de Schneeberg nous conduit naturellement à la mentionner ici (*). Le granite d'Eibenstock est sillonné de filons dirigés presque tous H_{10}, et rarement H_9, remarquables tout à la fois par leur développement considérable et par leur grande puissance : on a reconnu quelques-uns de ces filons sur une étendue de 12 kilomètres; leur puissance, rarement inférieure à $0^m,50$, oscille entre 1 et 6 mètres; elle atteint même parfois 12 et 14 mètres.

Le remplissage de ces filons consiste le plus souvent en hornstein, fer silicaté, quartz améthyste, hématite rouge ou brune, fer oligiste, argiles formées aux dépens de la roche encaissante. Le hornstein a les caractères déjà cités, il est accompagné d'améthyste ou de calcédoine; l'hématite rouge est en masses fibreuses compactes, atteignant parfois un grand développement au sein des argiles. L'association des minerais précédents est de beaucoup la plus fréquente, mais on rencontre encore exceptionnellement dans ces filons les autres venues plus jeunes : barytine, fluorine, dolomite, minerais de cobalt et calcite, micas d'urane. Un quartz translucide à structure cristalline, identique à celle du quartz de la venue S_2, forme souvent des druses au sein de ces filons; il a pseudomorphisé de nombreuses substances; on le trouve en lames minces enchevêtrées (pseudomorphoses de barytine); en rhomboèdres (pseudomorphoses de calcite); en prismes droits à base rhombe représentant d'anciens cristaux d'anhydrite; cette pseudomorphose est d'autant plus

(*) V. Oppe. *Gangstudien.*

intéressante que l'anhydrite a elle-même complétement disparu de ces filons. L'hématite, elle aussi, a pseudomorphisé quelques minéraux : la dolomite, la calcite, l'anhydrite, la barytine. Certains filons d'hématite sont nettement coupés par des veinules H_{10} de barytine et fluorine (Rother Adler, à Rittersgrün).

Les filons de cobalt sont nettement postérieurs à la venue F_1 : près Unterblauenthal, dans la mine Gott Segne, une veine de Hennig Fl. avec quartz cristallin, minerais de cobalt et bismuth pénètre un filon de quartz et hématite rouge et le traverse (*).

V_4. *Venue barytique* B. — Il est assez difficile d'établir un parallélisme exact entre la venue V_4 et les venues barytiques de Freiberg; les filons barytiques de la mine St Georg, activement exploités autrefois en raison de leur énorme richesse en argent, sont aujourd'hui épuisés et l'on ne possède que des données incomplètes sur cette venue. Il semble néanmoins que les barytines B_1 et B_2 de Freiberg aient leurs représentants ici, mais que la barytine B_2 soit de beaucoup la plus développée : on a signalé en effet dans quelques filons une barytine antérieure à la venue ferrugineuse F_1, et se rapprochant dès lors de la première venue B_1 de Freiberg, mais ce fait est véritablement exceptionnel et la barytine est généralement postérieure au quartz améthyste et au hornstein de la venue F_1; elle est donc l'équivalent de la barytine B_2 de Freiberg et d'Annaberg.

La mine St. Georg sous Schneeberg a renfermé les filons barytiques les plus importants ; ils forment un faisceau de plus de trente veines H_{8-9} et H_{0-1}, ayant une puissance de quelques centimètres avec deux remplissages, l'un de quartz violacé ou de hornstein brun F_1, l'autre de barytine rougeâtre coupant nettement le premier. Toutes ces veines sont au voisinage du St. Georg mgg. et au mur de ce filon ; l'en-

(*) Müller.

semble a donné lieu à des points de croisement et à des anastomoses très-nombreuses, et cette partie de la mine a présenté en grande abondance la venue argentifère A; les archives de Schneeberg mentionnent la découverte faite en ce point, en 1474, d'une masse d'argent natif et d'argent sulfuré pesant 20 tonnes, dont la collection minéralogique de Dresde possède encore un échantillon; la richesse de ces filons a rapidement disparu à une faible distance du St Georg mgg.

Le filon Fürsten Vertrag renferme parfois jusqu'à quatre remplissages en veines distinctes :

a) Quartz ancien S_1.

b) Quartz violacé et hornstein.

c) Barytine en veinule de $0^m,20$, traversant *b*.

d) Minerais de cobalt en veine distincte, coupant les deux venues précédentes.

e) Minerais d'argent plus jeunes.

V_2. *Venue sulfurée* S_2.—La physionomie générale du remplissage cobaltifère demeure sensiblement invariable lorsqu'on passe d'une mine à une autre, et conserve dans tout l'ensemble du champ une constance remarquable, qui contraste à première vue avec les variations d'aspect et de richesse du remplissage sulfuré S_1. Les éléments essentiels du remplissage de ces filons sont :

1° Le quartz saccharoïde, tantôt en cristaux agrégés, tantôt en masses incolores et translucides, en boules à structure réticulée imitant avec la plus grande ressemblance l'aspect de la glace; il forme toujours la base du remplissage ; on rencontre fréquemment des pseudomorphoses de ce quartz imitant la barytine et quelquefois la fluorine.

Le quartz saccharoïde a éprouvé des remaniements très-jeunes qui l'ont déposé dans les druses des filons cobaltifères et ferreux, et ont pseudomorphisé fréquemment la dolomite et la calcite (quartz en prismes, en scalénoèdres, en rhomboèdres).

2° Les minerais de cobalt et de nickel sont disséminés au sein de ce quartz ou du hornstein ; la cobaltine et la smaltine sont les plus fréquents; ils ont pour compagnons les minerais du nickel, chloantite et nickéline. Puis vient le bismuth natif en feuilles, en veinules traversant le quartz et le speiss cobalt.

L'ensemble de ces minéraux forme avec le quartz et le hornstein une association constante, caractéristique de la venue S_2; la calcite et la dolomite (venue V_7) traversent le tout.

Le remplissage arséniosulfuré S_2 comprend encore quelques espèces minérales plus rares et qui n'apparaissent qu'accidentellement dans les filons, telles sont : le cuivre pyriteux, le fahlerz, la bournonite et la galène. L'association du quartz saccharoïde avec la galène, présente souvent à Schneeberg une apparence tout à fait analogue à celle du remplissage galénifère de Churprinz.

Nous citerons quelques coupes des filons de cobalt indiquant l'association de ces différentes espèces minérales :

Mine Wolfgang Maasen. — Le filon Maximilian sp. (étage Fürsten stollen), au milieu de schistes noirs charbonneux, contient :

a) Quartz cristallin avec mouches de speiss cobalt et de galène (1,8 à 2,2 p. 1,000 d'argent).

b) Dans les druses, minerais d'argent imprégnant aussi la masse du filon ; calcite en rhomboèdres.

— Le filon Neue Hoffnung sp. a pour remplissage :

a) Quartz cristallin, veinules de speiss cobalt, bismuth natif.

b) Dolomite plus jeune.

c) Minerais d'argent.

Mine Daniel. — Le filon Daniel sp. renferme, outre le quartz cristallin habituel, une veine plus jeune de quartz noir avec bismuth natif.

V_7. *Venue de dolomite et calcite C.* — La dolomite et la

calcite se montrent dans presque tous les filons de cobalt ; elles ont aussi pénétré çà et là dans les veines réouvertes H_2 et H_3. Nous avons déjà eu l'occasion de citer de nombreux exemples démontrant l'ancienneté de la venue S_2 par rapport à la venue dolomitique.

Le filon Neue Hilfe (mine Adam Heber) nous en offre une nouvelle preuve ; son remplissage de quartz cristallin, bismuth natif et speiss cobalt, est coupé par une fente à 160° contenant de la dolomite et de la calcite.

Nous rapportons à la même époque la venue de pechblende que l'on a rencontrée en veinules associée à l'arsenic natif, au cuivre pyriteux, à la galène, à la blende et à la dolomite, dans les filons Rappold, Neue Hilfe, Walpurgis et Daniel.

La calcite est postérieure à la dolomite ; elle offre plusieurs types cristallins distincts, d'âges différents, mais sans importance au point de vue géologique, car ce sont des produits de remaniement.

V_8. *Venue argentifère* A. — Les minerais d'argent forment des druses, de fines imprégnations dans les remplissages précédents ; ils apparaissent en colonnes aux points de croisement des filons, et sont assez fréquemment associés à la calcite. Parmi les filons qui ont donné les croisements les plus riches en minerais d'argent, il faut citer en premier lieu les filons barytiques : le filon Fürsten Vertrag formé de quatre veines distinctes (S_1, F_1, B, S_2) dans une zone où dominait la barytine, a fourni en 1774 une masse d'argent natif et d'argentite pesant plus de 50 kilogr (1) : nous avons déjà mentionné la richesse énorme en argent des filons barytiques de la mine St Georg. Les filons de cobalt renferment aussi fréquemment la venue argentifère en leurs points de croisement (intersection des veines Joseph, Maximilian et Auferstehung, etc.).

Les veines à remplissage exclusivement argentifère sont très-rares ; la réouverture, à la suite de laquelle est apparue

la venue A paraît avoir simplement intéressé les lignes de moindre résistance du champ, c'est-à-dire les points de croisement des anciennes fractures, sans déterminer de nouvelles cassures distinctes.

Cependant H. Müller cite, dans la mine Weisser Hirsch, un croiseur argileux dirigé à 30° et renfermant des minerais d'argent, qui coupe et rejette St Georg fl. et Walpurgis. Ce croiseur coïncide complétement, pour la direction et l'âge, avec les failles contemporaines de la réouverture H_{2-3} (Alpes-Occidentales); nous sommes donc autorisés à considérer les minerais d'argent comme postérieurs à cette réouverture; la présence de la venue A aux points de croisement des filons de cobalt avec les H_3, H_2, réouverts confirme encore cette manière de voir. Nous citerons enfin, d'après H. Müller, l'existence dans la mine Wolfgang Maasen de quelques croiseurs E.-O. avec argiles et minerais d'argent en veinules, coupant les filons de cobalt; l'enrichissement marqué de ces derniers en minéraux de la venue A aux points de croisements est une preuve de plus de l'ancienneté de la réouverture H_{2-3} par rapport à la venue argentifère.

2. *Remplissages au point de vue minéralogique.* — Nous indiquerons successivement ici les espèces minérales constituant les diverses venues dont la description précède:

V_1 — Cuivre pyriteux, cuivre panaché, mispickel, pyrite, blende noire, galène, fahlerz. —
— Quartz à éclat gras, quartz laiteux. —

Cette venue est beaucoup plus simple qu'à Freiberg; elle ne renferme ni les espèces carbonatées, ni celles de l'argent.

V_3 — Hématite rouge, brune, psilomélane, polianite, pyrolusite, haussmanite. —
— Anhydrite, barytine. —
— Quartz hornsteinique, améthiste, calcédoine. —

V_4 — Barytine, fluorine. —
— Sidérose, dolomite. —

La barytine est de beaucoup l'espèce la plus fréquente.

V_6 — Smaltine, colbaltine, cloanthite, nickéline, bismuth natif, arsenic natif, réalgar, millérite, galène, blende jaune, pyrite cuivreuse, argentopyrite, bournonite, hétéromorphite. —
— Fluorine. —
— Quartz saccharoïde, quartz noirâtre. —

Nous plaçons après cette venue, et en la rapprochant de la venue V_8 de Freiberg, un remplissage de barytine et fluorine concrétionnées avec galène, observé à Bockau.

V_7 — Galène, blende, arsenic, pechblende. —
— Dolomite, calcite. —

La calcite se présente dans les druses en scalénoèdres opaques d'un blanc mat, en prismes hexagonaux avec pointement rhomboédrique, en rhomboèdres à faces courbes, empilés de façon à offrir des angles rentrants.

V_8 — La venue arséniosulfurée riche comprend presque toutes les espèces minérales de l'argent.

CHAPITRE IV. — AGE DES REMPLISSAGES. POINTS RICHES.

§ 1. *Age des remplissages.* — Nous avons indiqué, en traitant du remplissage au point de vue géologique, les nombreux exemples de relation entre les fractures des filons, leurs réouvertures et leurs remplissages ; l'âge relatif de ceux-ci se trouve implicitement renfermé dans ces résultats ; nous les résumons comme il suit :

Systèmes de montagnes.	Direction des filons.	Systèmes de filons. Remplissage contenu.	Remplissage coupé.	Réouverture. Direction de réouverture.	Réouverture. Remplissage contenu.	Réouverture. Remplissage coupé.	Age des remplissages.
Vendée	H_{11}	Q					
Morbihan	H_9	QV_1					
Silurien	—	—	—	—	—	—	
Westmoreland	H_3	QV_1					
Dévonien	—	—	—	—	—	—	
Land's End	H_{6-7}	QV_1					
Terr. anthraxifères	—	—	—	—	—	—	Quartz et mica.
Lisbonne	H_4	V_1					
Forez	H_{11}	V_1					
Terrains houillers	—	—	—	—	—	—	
Nord de l'Angleterre	H_{0-1}	V_1					
Rothliegendes, Zechstein	—	—	—	—	—	—	
Pays-Bas	H_{5-6}	V_1					
Grès des Vosges	—	—	—	—	—	—	
Rhin	H_2	V_1		H'_3 H'_4	V_1		
Trias	—	—	—	—	—	—	Venue sulfurée V_1.
Thuringerwald	H_{8-9}	V_3V_4	V_1	H'_9	V_3	Q	
Jura inférieur	—	—	—	—	—	—	Commencement de la venue ferrugineuse V_3.
Craie inférieure	—	—	—	—	—	—	
Mont Viso	H_{10}	V_3V_4	V_1	H'_{11}	V_3V_4	QV_1	
Craie supérieure	—	—	—	—	—	—	Suite de V_3. Venue barytique V_4.
Pyrénées	H_{7-8}	V_5	V_3V_4	H'_{6-7} H'_{5-6}	V_5	V_1V_3	
Miocène	—	—	—	—	—	—	Venue cobaltifère V_5.
Alpes occidentales	H_{2-3}	stér. V_7	V_5	H'_2 H''_3	V_7	V_5, etc.	Venue dolomitique et calcitique V_7.
Pliocène	—	—	—	—	—	—	
Alpes principales							Venue argentifère V_8.

Le premier remplissage important de Schneeberg, celui de quartz et de sulfures, serait triasique ; la détermination de son âge repose sur des observations et des analogies dont il convient de discuter ici la valeur : nous avons vu que la plus simple observation des faits démontrait immédiatement que l'âge du remplissage de quartz et de sulfures était compris entre la formation des fractures H_2 d'une part, et celle des fractures H_{8-9} de l'autre ; procédant en-

suite par analogie avec les faits observés à Freiberg, et assimilant les fentes H_2 au système du Rhin, les fentes H_{8-9} à celui du Thuringerwald, nous en déduisons qu'ici, comme dans tous les champs de la Saxe, le remplissage quartzo-sulfuré primordial est triasique. Nous n'avons malheureusement pas, comme à Freiberg, de vérification directe fournie par le croisement des filons à remplissage S_1 avec des roches post-triasiques ; les seules roches éruptives du champ de Schneeberg sont quelques porphyres et mélaphyres dont l'âge ne dépasse certainement pas celui des terrains houillers.

La grande venue ferrugineuse V_3, représentée à Schneeberg par le quartz hornstein, à Eibenstock, par de puissants filons d'hématite, paraît s'être prolongée durant une période assez longue embrassant les terrains jurassiques et crétacés ; elle a été suivie d'une venue barytique V_4 assez localisée et répondant à la craie supérieure.

Le remplissage arsénio-sulfuré S_2, généralement peu accentué dans les autres champs de la Saxe, prend à Schneeberg un développement exceptionnel, et constitue la base des produits exploités ; son arrivée a été précédée de la formation de fractures H_{7-8} et d'une réouverture très-violente des filons H_{6-7}, qui ne peuvent être attribuées qu'au système des Pyrénées ; les minerais de cobalt seraient donc contemporains du milieu de la période tertiaire.

La dolomite et la calcite se seraient déposées durant l'époque miocène, et la fin de leur dépôt aurait été contemporaine de la réouverture des veines H_2 et H_3, qui a rejeté fortement tous les filons de cobalt ; cette réouverture, la plus violente de toutes, est contemporaine de l'apparition des Alpes occidentales en Europe.

La venue argentifère V_8 s'est fait jour aux points de croisement des filons, grâce à quelques mouvements dont il est impossible de définir l'orientation, mais dont l'âge, certainement postérieur à celui de la réouverture H_{2-3}, sera

déterminé avec précision à Joachimsthal ; l'arrivée du remplissage riche en argent a clos la série des phénomènes de fractures et de minéralisation à Schneeberg.

La venue ferrugineuse F_1 serait contemporaine, d'après l'ordre d'âge que nous avons établi, du dépôt des terrains crétacés ; il nous reste à citer à son égard une vérification *à posteriori*, et une limite d'âge maximum : elle nous est fournie (*) par le filon Riesenberger d'hématite rouge, traversé et rejeté (entre Eibenstock et Johanngeorgenstadt) par un filon de wacke basaltique ; le remplissage de ce filon est donc nettement antérieur à l'épanchement des basaltes miocènes de la Bohême.

§ 2. *Analogies entre les champs de Freiberg et de Schneeberg.* — Si l'on compare entre elles les deux listes que nous avons dressées, pour résumer l'ensemble des phénomènes dont les champs de Freiberg et de Schneeberg ont été le théâtre, on verra qu'il y a similitude complète entre les deux districts, tant au point de vue de la direction des filons que de la succession des venues minérales qui les ont remplis. Ce résultat était assez inattendu au premier abord ; car au point de vue de la nature de leurs richesses minérales, les deux champs sont essentiellement différents. Le premier remplissage de quartz et sulfures apparaît avec une abondance égale dans les deux districts ; à Freiberg les sulfures et le quartz sont en égale proportion et les filons H_1, H_2 sont tous exploités ; à Schneeberg le quartz domine, les sulfures n'apparaissent qu'en très-faible quantité ; les mêmes filons sont généralement stériles. La grande venue barytique B_1 de Freiberg et de Marienberg n'a que des représentants très-incertains à Schneeberg ; inversement la venue ferrugineuse y a pris un développement exceptionnel, spécialement près d'Eibenstock ; les venues barytique B_2 et fluorée B_1, assez abondantes à Freiberg, n'ont une importance égale

(*) Cotta.

que dans la mine St Georg à Schneeberg. Enfin les minerais de cobalt, signalés tout à fait accidentellement dans les mines de Freiberg, forment ici la base même du remplissage. Les venues de dolomite, de calcite et de minerais d'argent ont marqué, dans les deux districts, la fin des phénomènes de minéralisation ; elles ont une importance relative à peu près égale dans les deux champs.

§ 3. *Points riches.* — Nous examinerons successivement les causes d'enrichissement qui ont agi sur les filons à remplissage sulfuré, ferrugineux et cobaltifère, puisque ce sont les seules venues qu'il y ait réellement lieu de considérer au point de vue de l'exploitation.

1° Les éléments minéralisateurs du remplissage sulfuré S_1 se rencontrent dans quelques grünsteins, et les filons anciens, généralement stériles partout ailleurs, se chargent au contraire de minéraux sulfurés au contact de ces épanchements. L'action des roches encaissantes sur l'enrichissement de ces veines est assez nette : les filons anciens renferment des minerais de cuivre dans le granite, du quartz et parfois de la galène dans les micaschites, ils sont exclusivement quartzeux et argileux dans les schistes argileux. Les filons de cuivre de la mine König David en offrent un exemple : dans toute la région comprise dans le granite ils sont exploitables ; en entrant dans les schistes, leurs fentes perdent de leur puissance, s'éparpillent et deviennent bientôt stériles.

2° Dans les filons d'hématite rouge, les zones exploitables ont environ de 400 à 1 000 mètres d'étendue horizontale, elles sont séparées par des intervalles stériles dépassant rarement 2.000 mètres. Le système du Mont Viso, contemporain de la venue ferrugineuse F_1, a principalement réouvert les veines H_{8-9} et H_{10} et quelques veines anciennes H_{11}, aussi les grands filons d'hématite sont-ils alignés dans la direction H_{10-11}. Ces filons sont exclusivement riches dans le granite ; ils deviennent stériles dans les schistes.

3° Il n'existe pas dans le champ de Schneeberg de roches éruptives renfermant, parmi leurs éléments, des minerais de cobalt; il est très-probable que l'approfondissement des travaux n'a pas été suffisant pour révéler l'existence de semblables roches; les filons de cobalt traversent les grünsteins sans éprouver de variations dans leur composition.

Les régions exploitables forment dans ces veines des zones de 100 à 300 mètres de longueur horizontale séparées par des intervalles stériles généralement plus considérables; ces zones riches ne sont pas alignées en profondeur suivant le pendage du filon; l'axe des amas est incliné d'environ 40° vers l'ouest sur la ligne de pente du filon plongeant au N.-E.

Le système des Pyrénées a précédé l'arrivée des minerais de cobalt et réouvert les veines H_{6-7}, H_{7-8}, H_{8-9} et H_{10}; les points de croisement de ces filons entre eux sont toujours riches, l'enrichissement est d'autant plus grand que le croisement a lieu sous un angle plus aigu; à cet égard le champ de Schneeberg devait offrir à la venue cobaltifère des issues très-faciles; il est en effet traversé par deux faisceaux H_{6-7} et H_{8-9} dont les filons se soudent l'un à l'autre, en produisant de nombreux points de croisement sous des angles très-aigus : nous citerons les intersections riches des filons Sidonie et Friedrich August, St. Georg et Walpurgis, Fürsten Vertrag, Fruchtbare Thorheit et Churhaus Sachsen.

L'influence des roches encaissantes sur les filons de cobalt n'est pas très-nette; ainsi, bien que la nature sédimentaire des terrains ne varie pas lorsqu'on s'éloigne au sud-est de Schneeberg, cependant les filons s'appauvrissent très-rapidement dans cette direction. H. Müller attribue l'enrichissement, aux environs immédiats de Schneeberg, au voisinage du granite (riche en pinite), et rapproche ce fait de l'action favorable qu'exerce à Freiberg, sur le remplissage des filons, le contact de deux roches différentes.

Les modifications éprouvées par les filons de cobalt lorsqu'ils passent des schistes dans le granite sont dignes de remarque ; ces modifications sont très-différentes suivant que le passage a lieu en direction ou suivant l'inclinaison du filon. Lorsque le filon passe des schistes dans le granite, sur les bords des enclaves de schistes, il perd ses minerais de cobalt et se change en filon d'hématite : ainsi la veine Adam Heber fl. à remplissage cobaltifère dans les schistes, conserve en pénétrant dans le granite le quartz cristallin caractéristique de cette venue, mais les minerais de cobalt disparaissent de son sein, et sont remplacés par de l'hématite rouge et des minerais de manganèse ; les espèces de cobalt étant postérieures à la venue ferrugineuse, ce fait prouve simplement qu'à l'époque de la réouverture contemporaine des Pyrénées, le quartz cristallin a seul pénétré avec quelque facilité dans les filons du granite, et que les arséniosulfures ne l'ont pas suivi.

Lorsque les filons de cobalt pénètrent en profondeur dans le granite, ils éprouvent une diminution légère de puissance sans perdre leur richesse ; ainsi le croisement riche de Saint-Georg et Walpurgis, exploré à 100 mètres dans le granite (300 mètres au-dessous du jour), a conservé dans cette étendue sa richesse en minerais de cobalt.

Section VI. — Remplissage argentifère récent

JOACHIMSTHAL.

CHAPITRE I. — CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE JOACHIMSTHAL.

§ 1. *Aperçu général.* — Joachimsthal (*) est situé dans la Bohême allemande, à 16 kilomètres au nord de Carlsbad, sur le versant sud et à peu près au milieu de la chaîne de l'Erzgebirge, à 4 kilomètres de la ligne de faîte du massif. L'exploitation des mines remonte au XII° siècle; les premiers travaux ont été très-faciles, grâce à la configuration du sol : la vallée de Joachimsthal est bordée à l'ouest par un contre-fort de l'Erzgebirge, présentant une élévation d'environ 400 mètres au-dessus du fond, et recoupé par l'ensemble des filons; cette disposition spéciale a permis à l'exploitation de s'étendre pendant plusieurs siècles sans avoir à vaincre aucune des difficultés actuelles résultant de l'approfondissement et de la présence des eaux.

Les mines les plus importantes (districts Einigkeit et Elias) appartiennent à l'État, elles occupent une superficie de 6 kilomètres carrés et comptent douze étages de galeries atteignant une profondeur de 550 mètres; le personnel comprend environ 300 ouvriers. Une grande galerie d'écoulement, dite Danielli Erbstollen, recueille les eaux; son développement, avec ses aboutissants, comprend 15 kilo-

(*) Vogl. *Gangverhältnisse und mineral Reichtum Joachimsthals*, 1856.

mètres. Une société privée dite Sechsige Edelleute Gesellschaft exploite une petite mine d'urane aux environs (Dürnberg). Les mines de Joachimsthal ont produit en 1866 :

0^t,254	kilog.	d'argent.
49^t,000	—	de plomb.
12^t,000	—	de cuivre.
2^t,500	—	de nickel.
4^t,800	—	de bismuth.
0^t,022	—	de vanadium.
3^t,640	—	d'oxyde d'urane (156.000 fr.).
0^t,448	—	d'oxyde de cobalt.

§ 2. *Micaschistes.* — Les filons de Joachimsthal sont situés dans les micaschistes qui enveloppent le grand massif de gneiss de la Saxe; ces micaschistes sont très-quartzeux, à grain fin; dans la mine ils passent quelquefois au véritable thonschiefer argileux, verdâtre; ils éprouvent parfois au voisinage des filons des modifications assez profondes, deviennent très-friables, se chargent de matières charbonneuses et bitumineuses, et passent alors à l'alaunschiefer : on observe cette transformation au croisement des veines Geier et Geschieber au premier étage de la mine Einigkeit. Les micaschistes ont une direction très-régulière N. 90° E. avec un plongement moyen de 50° vers le sud, cette direction se retrouve encore avec une grande netteté à la séparation des micaschistes et du gneiss entre Joachimsthal et Klösterle; elle affecte également dans cette région la chaîne de l'Erzgebirge.

§ 3. *Calcaire.* — L'existence d'un lit de calcaire bien défini au milieu des micaschistes est un fait digne de remarque. Ce calcaire est en concordance nette de stratification avec les schistes voisins, ainsi qu'on peut le vérifier aux différents étages de la mine Einigkeit; ses couches, parfois très-accentuées, sont dirigées à 90° avec un plongement de 55° vers le sud; on y remarque des cassures à 130°, parallèles à d'anciennes fractures des schistes et in-

jectées de vieux quartz. Le calcaire est impur, d'un gris verdâtre assez foncé, difficile à distinguer, à première vue, des schistes voisins; il est traversé de veinules de calcite jaunâtre; au jour il ne forme qu'un seul lit, mais en profondeur il se divise en deux couches distinctes ayant chacune environ 40 mètres de puissance; la couche du mur a une composition remarquable: elle est fort dure, quartzeuse, imprégnée de hornstein (quartz ferrugineux); on trouve aussi des délits de schistes englobés dans sa masse (*).

§ 4. *Granite.* — Le grand massif granitique à 135° de Kirchberg et Eibenstock dont la frontière N.-E. est jalonnée par une série de mines (Schneeberg, Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt, Platten, Gottesgabe, Joachimsthal), se termine au sud de Joachimsthal vers Carlsbad. Il paraît composé aux environs de Joachimsthal du granite le plus ancien de la Saxe; néanmoins les schistes ont été soulevés par ses massifs (Abertham).

§ 5. *Grünsteins.* — Les roches amphiboliques apparaissent aux environs de Joachimsthal en trois épanchements distincts, ayant une direction commune à 93°. Le premier dyke s'étend entre Abertham et la mine Élias, il est constitué par de l'eklogite; le second, plus au nord, est formé d'une amphibolite accompagnée de fer oxydulé, qui y est assez abondant pour avoir donné lieu autrefois à une exploitation suivie; enfin le troisième, non loin de Gottesgabe, est constitué par de l'amphibole avec cristaux assez rares de rutile.

§ 6. *Porphyre.* — Le porphyre forme dans les mines de Joachimsthal trois épanchements distincts réunis entre eux par quelques anastomoses; leur direction commune est à 95° vers Abertham; elle s'infléchit ensuite près de Joa-

(*) La forte pression, à laquelle ont été soumises toutes ces roches, et la demi fluidité qui en est résultée, ne sont pas étrangères à l'uniformité d'aspect qu'elles présentent. (Voir Élie de Beaumont, *Roches du mont Cenis*).

chimsthal et court parallèlement à la frontière de granite à 135°. La pâte de ce porphyre est grise, il renferme des noyaux de quartz incolore transparent, et des cristaux nets d'orthose blanc ; il est coupé par tous les filons métallifères et se rapporte probablement à la première venue des porphyres de la Saxe. Certains filons, le Rothergang liegendtrum en particulier (étage Barbara à 54 mètres de profondeur), ont développé au sein de ce porphyre, quelquefois caverneux, des druses considérables, et l'ont imprégné de minerais de cobalt.

§ 7. *Basaltes et phonolites.* — Les basaltes et phonolites se sont épanchés en masses considérables, au milieu des micaschistes, et ont constitué une traînée s'étendant de Carlsbad à Klösterle, en traçant dans cette région le cours de l'Eger; cette coulée est en relation évidente avec le massif basaltique et phonolitique à 75° du Fichtelgebirge. Au nord de Joachimsthal, la ligne de faîte de l'Erzgebirge présente un pic de phonolite et deux dômes basaltiques, le Plössberg (975 mètres), près Abertham, et le Spitzberg (1060 mètres) près Gottesgabe : nous mentionnerons dans la phonolite d'Ober-Wiesenthal la présence de cristaux fréquents d'augite et de sphène.

§ 8. *Wacke.* — Il est impossible de méconnaître la liaison étroite qui existe entre les épanchements de basalte des environs, et les nombreux filons de wacke qui traversent les mines de Joachimsthal. La wacke est formée par une pâte argileuse d'un gris olivâtre ou verdâtre, avec cristaux d'augite, et mica rubellane parfois développé ; ses fendillettes sont constamment remplies d'une calcite blanche nacrée, cristallisant dans les druses en prismes hexagonaux surmontés d'un pointement rhomboédrique. Tous les caractères de la wacke semblent indiquer que cette roche avait à un haut degré des propriétés plastiques, lorsqu'elle a formé les filons en question, et que cette propriété doit être surtout attribuée à la pression considérable qui l'a injectée

dans les cassures des schistes. Diverses preuves peuvent en être données : la wacke, bien que formant des veines très-définies, a injecté les anciens filons sur son passage et s'est répandue à leur intérieur sur des longueurs atteignant parfois 50 mètres ; elle a dans les étages supérieurs une structure argileuse prononcée (wacke d'Andréas) ; le mica et le pyroxène augite s'y présentent comme les éléments isolés d'une roche dont la pâte aurait été épanchée à l'état boueux ; en profondeur, elle apparaît souvent avec les caractères d'un véritable basalte : pâte noire, compacte, légèrement magnétique, avec fins cristaux d'augite (*).

Les filons de wacke affectent une direction très-constante, à 80°, parallèle à l'alignement des traînées basaltiques du pied de l'Erzgebirge. Leur puissance varie de $0^m,30$ à 2 mètres ; nous verrons plus loin que le croisement de ces filons avec les veines métallifères offre des particularités d'un grand intérêt et montre que la wacke a joué un rôle important dans le remplissage à Joachimsthal.

CHAPITRE II. — DIRECTIONS ET AGE RELATIF DES FILONS.

1. *Directions des filons à Joachimsthal.* — Les filons métallifères de Joachimsthal offrent à la fois les caractères des filons de cobalt, nickel et bismuth de Schneeberg, et ceux des filons d'argent de la Saxe ; ils renferment, en outre, en proportion très-notable, un minéral qui n'a été signalé qu'ac-

(*) Nous donnons ici les analyses complètes de la wacke d'Andreas (filon basaltique observé dans les mines), et du basalte du Plössberg :

Perte au feu	Wacke	6,60	Basalte	8,30
Silice	—	38,30	—	39,30
Alumine	—	17,66	—	14,90
Protoxyde de fer	—	14,66	—	15,33
Chaux	—	14,33	—	17,66
Alcalis (par différence)	—	8,45	—	4,51
		100,00		100.00

cidentellement dans les autres mines, la pechblende (*). Bien que ces différents minéraux soient loin d'être venus simultanément dans les filons avec leurs gangues spéciales, il n'y a cependant pas à Joachimsthal de croiseurs proprement dits; les diverses venues métallifères ont paru à la suite de réouvertures successives des anciennes cassures du champ, et l'on peut dire que les filons renferment tous avec plus ou moins de netteté des traces certaines de chacune d'elles.

L'allure générale des veines est assez simple (plan d'ensemble, Pl. X), ce qui tient probablement à la constance très-grande de direction que présentent les schistes encaissants; il est rare de constater à Joachimsthal des déviations accidentelles altérant notablement la direction générale des fractures : nous citerons cependant les infléchissements qu'éprouve le filon Küh à l'étage Danielli, en traversant une zone de schistes à stratification fortement accentuée. La puissance des filons est assez forte, car elle atteint très-souvent 1 mètre. Leur plongement est en général considérable.

Les filons se rangent, au point de vue de leurs directions, en cinq groupes bien nets :

1° *Filons* H_6. — Les filons H_6 constituent le plus grand nombre des veines exploitées à Joachimsthal; ils sont tout à la fois remarquables par leur nombre, leur grande constance de direction et de plongement, l'étendue sur laquelle certains d'entre eux ont été explorés et le phénomène général de réouverture dont ils ont été le siége (H_{6-4}): les veines Andréas, Dreifaltigkeit, Küh, sont les principaux représentants de ce système.

Les dix ou douze faisceaux H_6, connus à Joachimsthal, sont à peu près également éloignés l'un de l'autre et séparés en moyenne par une distance de 145 mètres.

(*) On a vu (page 244) que la mine Himmlisch Hoer à Annaberg en a produit tout récemment des quantités notables.

DISTRICT MINIER.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés	degrés.
Einigkeit	Maurizi	N. 90 E.	79 N.
	Geier	89	86 N.
	Dreifaltigkeit	85	57 N.
Einigkeit et Elias	Andréas	93	80 S.
	Küh à l'est	95	73 N.
	Küh à l'ouest	88	73 N.
	Segen Gottes	89	68 N.
	Dorothea	88	66 N.
	Elias	89	68 N.
	Sachskerl à l'est	87	76 N.
	Sachskerl à l'ouest	92	76 N.
Dürnberg	Erbstollen	87	60 N.
	Moyenne	89 5′	

2° *Filons* H_{11}. — Le système des veines H_{11} est représenté par des veines assez importantes; quelques-unes d'entre elles ont été explorées sur une grande longueur. Leur direction moyenne, relevée sur les plans de mines, est très-constante, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

DISTRICT MINIER.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Einigkeit	Goldene Rose	172 E.	83 E.
	Prokopi	170	O.
	Hildebrand	172	81 O.
	Hauer Zechner	170	56 O.
Elias	Geister	173	67 O.
Dürnberg	Hilf Gottes	170	
	Moyenne	171 10′	

Les filons H_{11} ont éprouvé une réouverture très-jeune H_{10-11}.

3° *Filons* H_{6}. — Les veines H_{6} sont en petit nombre, à l'exception des filons Evangelister et Schweitzer; elles n'ont été suivies que sur de faibles longueurs.

DISTRICT MINIER.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Einigkeit	Fundgrübner	N. 8 E.	61 E.
	Evangelister	0	58 O.
	Schweitzer	0	52 O.
Elias	Hieronimus	0	42 O.
	Rothergang	9	59 O.
	Moyenne	3 24′	

4° *Filons* H_2. — Les veines du système H_2 ne sont représentées que par quelques filons de la mine Elias, qui ne sont plus en exploitation.

DISTRICT MINIER.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Einigkeit	Rosa Jericho	N. 23 E.	56 O.
	Donati	33	
Elias	Jung Schweitzer	33	
	Rothegang Liegend trum.	35	
	Alte rothegang	15	
Dürnberg	Francisci	30	
	Moyenne	28 10′	

5° *Filons* H_{10}. — Les filons H_{10} n'ont qu'un seul représentant actuellement exploité, le filon Geschieber à plongement vertical et sur lequel a été établi le puits Einigkeit.

DISTRICT MINIER.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Einigkeit	Marien	N. 153 E.	87 E.
	Anna	153	84 E.
	Geschieber	151	vertical
Elias	Fluder	145	76 O.
	Neue Hoffnung	145	72 O.
	Moyenne	149 36′	

§ 2. *De l'âge relatif des filons métallifères.*—Le phénomène de réouverture des filons a, pour ainsi dire, été normal à Joachimsthal, il apparaît à chaque pas avec une netteté qui le rend évident ; il résulte de cette fréquence des réouvertures une complication inattendue, dans la détermination de l'âge relatif des différentes fentes et des remplissages qu'elles renferment. On constate fréquemment des rejets très-considérables des veines les unes par les autres, et l'on pourrait être tenté d'en tirer cette conclusion que la succession des fentes par ordre d'âge peut être très-facilement et très-nettement établie : il n'en est rien, les réouvertures

ont constamment modifié les premiers rejets et les ont fait souvent disparaître. La nature même du remplissage des filons, toujours constitué par des masses argileuses dans lesquelles les minerais sont finement disséminés ou très irrégulièrement répartis, rend l'incertitude de l'âge relatif des fentes encore plus grande, et permet difficilement d'intercaler les venues diverses entre les réouvertures successives. Nous indiquerons plus tard, par quelques exemples, comment l'étude attentive du remplissage aux croisements permet de rectifier les premières conclusions que paraîtrait autoriser une observation trop sommaire, et nous nous réservons de chercher à déterminer l'âge des fractures primitives de Joachimsthal, après avoir étudié les deux réouvertures principales qu'elles ont subies.

CHAPITRE III. — Du remplissage et des réouvertures.

§ 1. *Caractères généraux du remplissage.* — Les filons de Joachimsthal offrent un remplissage essentiellement argileux, constitué par les débris des schistes encaissants, et dans lesquels les venues métallifères ont déposé très-irrégulièrement leurs minerais, sans jamais former de filons rubannés.

L'arrivée des minerais paraît devoir être attribuée à des réouvertures dont l'action a eu le plus d'efficacité aux points les plus faibles du champ, c'est-à-dire aux croisements des filons; il en est résulté une stérilité relativement assez grande des veines dans les régions où elles ne se recoupent pas, et au contraire une concentration des minerais au voisinage des croisements.

§ 2. *Remplissage au point de vue géologique.* — On peut distinguer dans le remplissage quatre périodes auxquelles nous assignons l'ordre d'âge suivant, en commençant par la plus ancienne : V_1 quartz ancien, V_2 quartz ferrugineux

(hornstein), V_6 venue de cobalt et de bismuth, V_7 venue de l'urane, V_8 venue argentifère (*).

V_1. *Quartz ancien.*—Le quartz ancien est d'un blanc laiteux, opaque, à éclat gras; il se présente en masses parfois considérables au milieu des micaschistes et n'apparaît que rarement dans les filons; il annonce toujours l'appauvrissement des veines qui le renferment.

V_2. *Quartz ferrugineux.*—Le quartz ferrugineux de Joachimsthal, désigné par les Allemands sous le nom de rother Horn, est formé par un quartz amorphe, compacte, toujours opaque et coloré par l'oxyde de fer en brun plus ou moins foncé, et parfois même en rouge sang. Il n'est jamais ni cristallisé ni transparent, et ces deux caractères permettent de le distinguer immédiatement du quartz accompagnant la venue V_8^*; le hornstein constitue le premier remplissage proprement dit des filons de Joachimsthal; il forme des veinules atteignant quelquefois jusqu'à 0^m,10. Il est bien nettement antérieur à toutes les venues métallifères, car celles-ci ont toujours brisé le hornstein en pénétrant les filons; il n'est pas rare de trouver dans les remplissages plus jeunes des morceaux de ce quartz ferrugineux entourés des dépôts métallifères successifs, indiquant, tout à la fois, et l'ancienneté du hornstein, et le phénomène de réouverture qui a précédé l'arrivée des autres minerais.

V_3. *Venue de cobalt et de bismuth.* — La première venue minérale est constituée par les minerais de cobalt, nickel et bismuth; ces minerais renferment, à l'état de mélange intime, la smaltine, la nickéline, le bismuth natif, la pyrite; le bismuth est l'espèce dominante, le speiss cobalt est assez fréquent. Ces espèces minérales forment, avec l'argile des filons, des masses peu compactes, en général très-irrégulièrement disséminées dans une même veine; il est rare de

(*) Nous empruntons ces notations aux remplissages homologues de Freiberg et de Schneeberg.

trouver des veinules de sulfo-arséniures massives ayant plus de quelques centimètres d'épaisseur; dans quelques cas, on a trouvé avec ces minerais de la galène (2 à 3 p. 1.000 d'argent) et de la blende d'un blond clair.

La venue de bismuth et cobalt est caractérisée par une gangue constante qui l'accompagne partout : c'est le quartz cristallin saccharoïde. Il forme parfois des veinules compactes, mais il est toujours très-facile de le distinguer du hornstein. Le quartz cristallin paraît légèrement antérieur aux minerais de bismuth et cobalt qu'il accompagne; il ne forme pas, en effet, de mélange intime avez eux et semble au contraire leur servir de support.

V_7. *Venue de l'urane.* — La venue des minerais d'urane présente d'autant plus d'intérêt que ses représentants sont très-rares et généralement accidentels dans les autres mines de l'Europe, tandis qu'à Joachimsthal la pechblende entre pour une part très-importante dans le produit des mines. Cette substance minérale se rencontre dans quelques veines peu nombreuses H_0 (*) (filons Evangelister, Hildebrand, Haüer Zechner); elle est plus rare dans les filons H_6 : la veine Francisci H_2 (mine Dürnberg) est remarquable par sa richesse en pechblende; ce minéral forme des veinules atteignant parfois quelques centimètres d'épaisseur au milieu de la masse argileuse des filons.

La pyrite l'accompagne en veinules, la galène (**) en fines imprégnations; elle a pour gangue un compagnon tout à fait caractéristique, la calcite rouge. Cette variété de calcite se présente toujours en veinules compactes, à structure cristalline, d'un beau rouge, parfois altéré et variant depuis le rouge sang jusqu'à des colorations à peine sensibles, grisâtres ou jaunâtres. Il est à remarquer que la pech-

(*) Réouvertes par le système de la Corse et de la Sardaigne?

(**) La galène accompagnant la pechblende de Francisci (Dürnberg) contient 8 à 12 dix-millièmes d'argent.

blende et ses gangues sont les seules substances qui affectent à Joachimsthal l'allure d'un remplissage concrétionné un peu défini; on les trouve aussi en rognons mamelonnés. La pechblende est toujours accompagnée de calcite rouge, mais la réciproque n'a pas lieu et cette dernière substance est beaucoup plus répandue que ne l'est la première; on la trouve dans presque tous les filons.

Nous n'avons jamais observé, en un même point d'un filon, la réunion simultanée des venues du bismuth et de l'urane; mais les collections de Joachimsthal offrent des échantillons, provenant d'une veine H_2 (filon Lorenzer) et montrant nettement que la venue de cobalt est antérieure à celle de l'urane; on y observe en effet : *a*) speiss cobalt, arsenic natif; *b*) calcite rose caractéristique de l'urane et blende jaunâtre; *c*) calcite blanche en druses.

La venue de l'urane offre peu de minéraux accidentels, on a trouvé comme produits d'oxydation : l'éliasite, la chalcolite, l'uranite et la johannite.

V_8. *Venue de l'argent.* — La venue argentifère tient une place importante à Joachimsthal et vient ajouter un nouvel élément de richesse à ceux qui proviennent des autres métaux rares de ces mines. Les minerais d'argent sont représentés par ses principales espèces minérales : argent natif, argentite, pyrargyrite; elles forment toujours dans les filons des imprégnations et ne se trouvent que très-rarement en veinules compactes d'une certaine épaisseur. Généralement, ces minerais constituent des masses noirâtres, poreuses (silberschwärze), au milieu desquelles les espèces minérales de l'argent sont disséminées en petits cristaux; on rencontre spécialement ces masses aux points de croisement des filons entre eux et la disposition des minerais d'argent en colonnes isolées, déjà signalée à Freiberg, se retrouve ici.

Le lit calcaire intercalé au milieu des micaschistes dans la mine Einigkeit a eu une influence très-marquée sur la

répartition de l'argent dans les filons à son voisinage; les veines ont éprouvé un enrichissement considérable au toit de ce lit calcaire; les chantiers d'abatage dans Anna, Geier, Marien se sont beaucoup développés à son contact.

Les minéraux accidentels de cette venue n'ont qu'un intérêt minéralogique, nous citerons : la feuerblende, la miargyrite et l'argento-pyrite (silberkies).

La venue argentifère a été accompagnée d'une calcite cristallisée, d'un blanc nacré, rappelant les zéolithes et dont l'importance, dans l'étude du remplissage, est réelle, parce qu'elle donne un horizon bien défini. Nous citerons bientôt les raisons qui conduisent à placer la venue de l'argent et celle de la calcite blanche après toutes les autres.

§ 3. *Des réouvertures.* — Différents phénomènes de réouverture se sont intercalés entre les époques des venues métallifères; ces réouvertures ont toujours affecté un ensemble de veines appartenant au même système ou ayant au moins des directions très-voisines, elles sont au nombre de deux :

DIRECTION DES VEINES affectées de préférence par les réouvertures.	AGE LOCAL.
	Venue de l'urane.
H_6.	Réouverture amenant l'argent.
	Venue de l'argent.
H_{10-12}.	Réouverture stérile.

1° *Réouverture* H_6. — Le phénomène de réouverture des veines H_6 apparaît à chaque pas avec la plus grande netteté : les salbandes des filons H_6 sont toujours extrêmement nettes, parfaitement polies; elles portent fréquemment les traces des glissements énergiques qui se sont produits à l'époque de la réouverture : c'est ainsi qu'au dixième étage, la salbande, au mur de la veine Andréas, présente en relief la forme d'un demi-cylindre presque horizontal portant des stries puissantes parallèles aux génératrices. Plusieurs filons H_6 (Andréas, Dreifaltigkeit, etc.) ont une tendance à

se diviser en deux ou plusieurs branches en profondeur, et l'on observe toujours que les branches secondaires suivent en direction et en plongement les lits de micaschistes encaissants (ceux-ci sont aussi dirigés H_6) : d'autre part, le remplissage de ces veines est le plus souvent formé d'une masse de schistes broyés atteignant jusqu'à 2 mètres de puissance, au milieu de laquelle on trouve des débris d'anciennes formations; enfin, lorsque le remplissage d'une veine H_6 est demeuré intact, on observe toujours au mur du filon une faille argileuse stérile accompagnant très-régulièrement la veine principale et la traversant parfois.

Les glissements énergiques dont témoignent tous ces faits ne sauraient être contemporains de la formation des veines H_6, puisqu'ils intéressent le premier remplissage de ces veines; ils doivent être attribués à une réouverture; il est facile de fixer l'époque de celle-ci : elle se place entre la venue de l'urane et celle de l'argent, elle est enfin contemporaine de l'arrivée de la wacke. En premier lieu, cette réouverture est, sans doute, postérieure à la venue de l'urane(*), car elle coupe avec la plus grande netteté la calcite rouge des veines H_0; elle est en second lieu contemporaine de l'arrivée de la wacke, comme l'indique le croisement des veines H_6 et des filons de wacke : nous insisterons ici sur les circonstances de ce croisement.

La plupart des filons de wacke ont une direction très-nette à 80°, c'est-à-dire qu'ils coupent les veines H_6 sous un angle de moins de 10°; dans les croisements de ce genre la wacke pénètre toujours dans le filon H_6, coupe nettement son remplissage de schistes broyés, injecte même le filon sur des longueurs parfois considérables et reprend ensuite sa direction primitive. L'injection de la wacke dans les veines H_6 est un fait très-fréquent; aux étages Barbara et

(*) Nous avons constaté à Annaberg un fait en contradiction avec celui-ci, ou plutôt qui prouve que la venue de pechblende s'est prolongée après la réouverture H_6 dans la mine Himmlisch Heer.

Danielli on a reconnu un filon de wacke qui a suivi la veine Küh, en la remplissant sur près de 50 mètres de longueur : les veines Segen Gottes, Andréas ont de même été coupées et injectées par des filons de wacke.

Il n'est pas douteux que ce phénomène d'injection de la wacke dans les veines H_6 n'ait produit leur réouverture violente : ce qui le prouve bien, c'est l'allure toute différente des autres veines métallifères à leur croisement avec la wacke. Les veines H_0 et H_{11} croisent les filons de wacke à 80° sous un angle beaucoup plus grand, aussi voit-on simplement la wacke traverser ces filons en les coupant et les rejetant, mais sans les injecter; les rejets ainsi produits par les croiseurs de wacke atteignent parfois jusqu'à 3 mètres, nous citerons les suivants :

ÉTAGE.	FILONS DE WACKE H_{3-6}.		FILON REJETÉ.	DIRECTION.
	Direction.	Plongement.		
	degrés.	degrés.		degrés.
Barbara. . .	N. 80 E.		Hildebrand H_{11}.	N. 173 E.
Danielli. . .	83	78 S.	Hildebrand H_{11}.	173
	85	70 N.	Evangelister H_0.	0
10me.	78	N.	Hatter Zechner H_{21}.	170

Cependant la wacke pénètre aussi quelquefois dans la veine croisée ; nous citerons la Segen-Gottes wacke à 85° (étage Danielli), qui se réunit sur une longueur de 3 mètres au Rothergang; mais ce résultat peut s'expliquer en admettant que la Segengottes-Wacke a suivi une ancienne cassure H_6 rejetée par le Rothergang, et que c'est l'ancien rejet qui a déterminé une injection partielle dans le Rothergang.

La réouverture violente des filons H_6 a modifié profondément le caractère de ces veines anciennes, puisque la plupart d'entre elles sont devenues de véritables croiseurs pour les systèmes plus jeunes qui les avaient primitivement rejetées.

Nous venons de voir que l'éruption de la wacke et la réouverture des veines H_6 étaient deux faits corrélatifs ; les

travaux ouverts dans les dernières années, du huitième au douzième étage, ont confirmé un fait non moins intéressant, déjà pressenti depuis longtemps (*), celui de la corrélation intime entre l'arrivée de la wacke et la venue argentifère.

Les filons Haüer-Zechner H_{11} à 170° et Andréas H_6 à 90° ont été coupés tous deux par un filon de wacke (Pl. XI, *fig.* 13), dont la direction, relevée par la représentation graphique, a été déterminée beaucoup plus exactement que ne l'aurait permis une observation directe. Ce filon à 70° coupe Andréas au huitième étage, mais au dixième il l'injecte sur une longueur d'environ 15 mètres; le filon Haüer-Zechner est aussi légèrement injecté et rejeté par la wacke du huitième au dixième étage; dans cette étendue verticale de 40 mètres, la colonne de wacke, située dans la veine Haüer-Zechner, renferme des minerais d'argent : les fentes de retrait de la wacke sont tapissées d'argent natif, d'argentite et d'argyrythrose en feuilles minces; l'argent rouge y apparaît çà et là en masses compactes et le mètre cube de wacke a donné dans cette région jusqu'à 1.000 francs de minerais d'argent.

La présence de l'argent en ce point montre nettement que l'arrivée de la wacke a été suivie de la venue argentifère, et la réouverture des veines H_6 au même moment explique l'enrichissement bien constaté des filons à leur croisement avec ces veines. Nous n'insisterons pas sur la généralité de ce fait, que nous avons déjà constaté à Freiberg, à Annaberg, etc.

C'est à peu près à la même époque que doit être rapportée la venue de calcite blanche à éclat nacré qui représente le dernier terme de la série des remplissages à Joachimsthal. En donnant les caractères minéralogiques de la wacke, nous avons signalé, dans les fentes ou les cavités de cette roche, l'existence de cette même calcite; il faut donc rapporter tout ensemble à l'arrivée de la wacke et la venue d'argent et la venue de calcite blanche.

(*) Maier, 1830. — Vogl, 1855.

2° *Réouverture* H_{10-12}. — Les filons H_{10}, H_{11} et H_0 ont éprouvé une dernière réouverture postérieure à tous les remplissages et qui a achevé de compliquer l'étude déjà si difficile des croisements; cette réouverture intéresse les filons les plus vieux H_{11} et H_0, elle a agi spécialement sur les veines Haüerzechner à 172° et Evangelister à 0° et a modifié considérablement les rejets qu'ils avaient autrefois éprouvés de la part des veines plus jeunes.

On ne peut d'ailleurs avoir aucun doute sur l'âge relatif des réouvertures H_{5-6} et H_{10-12}; cette dernière est nettement postérieure à l'autre, puisqu'elle coupe toujours la wacke et la calcite blanche.

La veine Geschieber H_{10}, à 152°, a éprouvé une réouverture évidente, postérieure à la calcite blanche comme les réouvertures H'_{11}, H'_{12}; ce glissement paraît être en relation avec les épanchements d'eaux thermales des environs (Carlsbad, Teplitz) : en approfondissant au-dessous du douzième étage (540 mètres) le puits Einigkeit foncé dans le filon Geschieber à plongement vertical, on a rencontré au sein de cette veine une source thermale qui s'est élevée de 200 mètres dans le puits, en inondant tous les travaux du douzième au cinquième étage. Il a fallu poursuivre l'épuisement pendant deux ans pour ramener les eaux au-dessous du douzième étage; on a fermé à ce niveau le puits en y pratiquant un serrage avec coulée de béton, et l'on espère maîtriser ainsi la source; cette eau était chargée d'acide sulfhydrique en proportion notable; sa température était de 25° (*).

§ 4. *Des failles stériles rejetant les filons métallifères.* — Les failles stériles sont rares à Joachimsthal et il doit

(*) Ce fait est à rapprocher des phénomènes relatifs aux sources thermales de la Saxe, et aux tuffs vocaniques modernes du Wolfsberg, phénomènes qui se rapportent tous si nettement au système du Ténare (p.   de ce mémoire et p. 188 du mémoire sur les filons de Przibram et de Mies).

nécessairement en être ainsi, puisque la dernière venue, celle des minerais d'argent, est très-jeune. A l'exception de quelques failles bien définies, il est difficile d'affirmer qu'un croiseur, reconnu stérile en un point, l'est réellement dans l'étendue de son parcours. La plupart des filons eux-mêmes sont complétement argileux sur de grandes longueurs, et les failles stériles se confondent aisément avec eux.

Nous distinguerons les systèmes suivants : failles H'_9, H'_{11}, H_8.

1° *Failles* H'_9. — Ces failles sont peu nombreuses; nous en avons constaté quelques-unes rejetant diverses veines H_{10} (huitième étage) au voisinage des filons Fundgrübner et Geschieber.

2° *Failles* H'_{11}. — Elles sont évidemment contemporaines de la réouverture H_{10-11}, et coupent en effet la wacke;

a) A l'étage Danielli, quelques failles puissantes à 8°, plongeant très-peu à l'ouest, coupent le filon Küh H_6, elles intéressent également la wacke injectée dans ce filon.

b) Dans la mine Dürnberg, une faille argileuse à 170° de 12 mètres de puissance, plongeant de 60° à l'ouest, coupe une veine H_6.

3° *Failles* H_8. — Ces failles représentent une nouvelle réouverture stérile des veines H_6, elles se distinguent nettement de la première en ce qu'elles coupent les filons de wacke; nous citerons :

a) La Butzen-wacke, la plus grande faille connue dans les mines de Joachimsthal; elle consiste en un conglomérat de débris de schistes, de porphyre, de wacke, souvent arrondis et roulés, parfois à angles vifs, au milieu duquel on a même trouvé des morceaux de bois (*). La puissance de ce conglomérat atteint à l'étage Danielli jusqu'à 60 mètres, sa direction moyenne est à 73°, il plonge légèrement vers le nord; cette faille a tous les caractères d'une réouverture

(*) Vogl.

des filons de wacke à 80° : on trouve au mur du conglomérat un filon de wacke noire, à pâte basaltique inaltérée, avec sa calcite blanche caractéristique ; il s'est développé dans sa masse une schistosité parallèle à la Butzen-wacke, et la séparation de la wacke basaltique fraîche d'avec la Butzen-wacke a lieu à angles vifs. Il est donc évident que la réouverture H_8 a intéressé un ancien filon de wacke en le brisant et a déterminé la formation d'une faille béante qui s'est remplie sur 60 mètres de puissance des débris soit des roches encaissantes, soit même de roches provenant du jour. Les morceaux roulés de wacke que l'on trouve dans cette faille sont complétement altérés, friables, on y voit du mica rubellane très-développé ; la Butzen-wacke a fait éprouver aux filons des rejets très-considérables.

CHAPITRE IV. — Croisements principaux des filons.

§ 1. *Des rejets.* — Nous pouvons conclure de ce qui précède que les réouvertures importantes de Joachimsthal se sont succédé dans l'ordre suivant :

1	Réouverture H_{5-6}. .	Filons H_6 réouverts.	Contemporaine de la wacke.
2	Idem. B_{10-12}.	Filons H_{11}, H_0. H_{10} réouverts.	Postérieure à la wacke. Contemporaine des sources minérales actuelles.
	Idem. H_8. . .	Failles et filons H_6 réouverts.	

Ces réouvertures sont postérieures à tous les filons, puisqu'elles ont disloqué les remplissages antérieurs à la venue argentifère que tous contiennent sans exception. Dans de pareilles conditions, les exemples d'intersections ne peuvent donner aucune indication sur l'âge relatif des fentes primitives : on doit même trouver, dans les rejets réciproques de deux systèmes de filons réouverts, toutes les combinaisons possibles, c'est aussi ce que présentent les observations consignées dans les tableaux qui suivent, observations individuellement très-nettes comme tous les rejets à Joachimsthal et qui prouvent combien la théorie des directions peut être précieuse pour la détermination de l'âge des fractures dans des cas aussi complexes.

MINES.	ÉTAGE.	FILON REJETANT.		FILON REJETÉ.	
		Nom.	Direction.	Nom.	Direction.
Filons H_6 rejetés par les filons H_2.					
			degrés.		degrés.
Elias	Barbara	Becken	23	Elias	93
		Idem	23	Andréas	90
		Rothe Liegend trum	30	Idem	89
Einigkeit	Danielli	Trum de Rothe Lgdt.	36	Johannes	90
		Rothe Liegend trum	30	Veine H_6	85
Filons H_6 ou H_{5-6} rejetés par les filons H_0 ou H'_0 (H_{10-12}).					
Einigkeit	Danielli	Evangelister	6	Veine H_6	84
Elias		Rothegang	9	Idem	90
Dürnberg	Stollen	Francisci	5	Idem	87
Filons H_6 ou H_{5-6} rejetés par les filons H_{11} ou H'_{11} (H_{10-12}).					
Einigkeit	Barbara	Schweitzer	178	Küh	90
Elias		Hieronymus	178	Andréas	92
Einigkeit	Danielli	Fundgrübner	178	Idem	92
Filons H_6 ou H_{5-6} rejetés par les filons H_{10} ou H'_{10} (H_{10-12}).					
Elias	Danielli	Neue Hoffnung	145	Elias	90
Einigkeit	1	Geschieber	152	Andréas	89
	1	Idem	152	Dreifaltigkeit	90
Filons H_0 rejetés par les filons H_6 ou H_{5-6}.					
Einigkeit	Barbara	Küh	90	Veine H_0	8
Filons H_0 rejetés par les filons H_{10} ou H'_{10} (H_{10-12}).					
Einigkeit	1	Geschieber	152	Veine H_0	3
	2	Idem	152	Idem	3
	8 1/2	Idem	152	Fundgrübner	0
Filons H_{11} rejetés par les filons H_6 ou H_{5-6}.					
Einigkeit	Barbara	Andréas	92	Geister	172
		Elias	89	Hildebrand	173
		Küh	85	Idem	173
	Danielli	Veine H_6	88	Idem	173
		Küh	80	Veine H_{11}	165
		Veine H_6	90	Hiéronymus	168
Filons H_{10} rejetés par les filons H_6 ou H_{5-6}.					
Elias	Danielli	Andréas	92	Marien	153

§ 2. *Comparaison avec les systèmes de montagnes.* — Il est très-facile d'assimiler les réouvertures jeunes de Joachimsthal aux systèmes de montagnes qui leur ont donné naissance : les Alpes Principales contemporaines des basaltes se rapprochent volontiers de la réouverture H_{5-6} qui caractérise les filons de wacke ; nous avons déjà vu com-

bien il y avait de vraisemblance à assimiler le système du Ténare à la réouverture H_{10-11}; dans cette hypothèse les failles H_8 se rapporteraient au second axe volcanique (Etna-Ténériffe).

Quant aux filons anciens, nous rapprochons les plus importants d'entre eux, les faisceaux H_6, des fentes de même direction que les grünsteins et les porphyres ont injectées au voisinage, et aussi de l'orientation si constante des schistes ; nous rapportons tous ces accidents au système du Land's-End.

Tous les filons anciens contiennent sans exception le rother-Horn, ils sont donc vraisemblablement antérieurs aux Pyrénées, qui sont dans toute la Saxe plus jeunes que ce remplissage si caractéristique.

Les filons H_{11} et H_0 contiennent en outre un quartz ancien laiteux que l'on ne peut absolument assimiler qu'au quartz de la venue sulfurée S_1, peut-être au quartz de la venue stannifère, dès lors l'assimilation des filons anciens de Joachimsthal aux systèmes de montagnes ne présente plus d'ambiguïté ; nous la résumons dans le tableau qui suit :

SYSTÈMES de montagnes.	AGE géologique.	DIRECTION à Freiberg.	PHÉNOMÈNES de soulèvements locaux à Joachimsthal.	DIRECTION	ÉRUPTIONS, REMPLISSAGES.
Morbihan.	Ante-silurien. . .	degrés. N. 140 E.	Cassures des micaschistes.	degrés. N. 135 E.	Granite de Kirchberg et Eibenstock.
Land's End.	Dévonien. . . . . Carbonifère. . . .	96	Plissement violent des micaschistes. Cassures anciennes E.-O. . . . . . . Filons H_6.	90	Venue porphyrique?
Forez.	Millstone-grit. . . Terrain houiller	172	Filons H_{11}.	171	
Nord de l'Angleterre.	Terrain houiller. Rothliegendes. . .	7	Filons H_9.	3	
Rhin.	Zechstein. . . . . Grès bigarré. . .	24	Filons H_2.	28	Quartz ancien?
Mont Viso.	Craie inférieure. Craie supérieure.	162	Filons H_{10}.	149	Quartz hornstein. Venue du bismuth. Venue de l'urane. — (Système de la Corse et de la Sardaigne?)
Alpes occidentales. . .	Miocène. . . . . . Pliocène.	33	Failles H_2 (?).	32	
Alpes principales. . . .	Pliocène. . . . . . Diluvium.	80	Réouverture des veines H_6. . . . . . Filons de wacke H_{5-6}.	80	Épanchement des basaltes et phonolites de la Bohême. Filons de wacke. Venue de l'argent. Calcite blanche.
Ténare.	. . . .	168	Réouverture H_{10-12}. Failles.	175 152	Sources thermales de Carlsbad, Teplitz. Source thermale dans le filon Geschieber.
Etna-Ténériffe.	. . . .	78	Butzen-wacke. Failles. Réouverture des filons de wacke.	75	

§ 3. *Relations des veines métallifères entre elles.* — Nous citerons ici les exemples les plus saillants des croisements de filons; ils serviront à justifier la classification par ordre d'âge que nous avons faite des différentes veines, de leurs réouvertures et de leurs remplissages.

a) *Croisement des veines Dreifaltigkeit, Hildebrand et Geschieber* (deuxième étage, mine Einigkeit, Pl. XI, *fig.* 11). La veine Dreifaltigkeit H_6 coupe la veine Hildebrand H_{11} et la rejette de 3 mètres; le remplissage de celle-ci a $0^m,1$ de puissance; il est formé de calcite rouge englobant des morceaux concassés de schistes, nettement coupée par Dreifaltigkeit; au mur du filon Hildebrand s'étend une veine de calcite blanche jeune avec pyrite qui passe sans interruption dans le croiseur. Celui-ci est formé d'un remplissage de $0^m,60$ de schistes broyés dans lesquels a pénétré avec difficulté la calcite blanche : en suivant à l'est Dreifaltigkeit; on rencontre son croisement avec Geschieber; celui-ci le rejette de 2 mètres. Le remplissage de Geschieber consiste en : *a*) calcite rouge entourant des fragments de schistes; *b*) calcite blanche s'étendant au voisinage de Dreifaltigkeit. la calcite rouge de Geschieber est brisée; elle s'arrête nettement au point de croisement avec Dreifaltigkeit qui l'a aussi coupée.

La veine Geschieber a été certainement réouverte, puisqu'elle renferme la calcite rouge et qu'elle rejette le filon Dreifaltigkeit, lui-même postérieur à cette calcite. Cet exemple, le plus net de tous, nous donne la succession suivante :

1° Veines Hildebrand, Dreifaltigkeit, Geschieber.

2° Calcite rouge.

3° Réouverture H_6 de Dreifaltigkeit.

4° Calcite blanche.

5° Réouverture de Geschieber.

Nous avons placé la réouverture de Geschieber après la venue de calcite blanche, parce que celle-ci est aussi brisée dans le filon Geschieber.

b) Croisement des veines Andréas, Haüer zechner et d'un filon de wacke (dixième étage, mine Einigkeit, Pl. XI, *fig.* 13). — Les veines Andréas et Hauer zechner sont constituées toutes deux par des veinules nombreuses de calcite rouge et par une fente argileuse stérile occupant le toit du filon dans Haüer zechner et le mur dans Andréas. Les deux filons se croisent sans qu'il y ait aucun rejet apparent : les deux fentes argileuses se traversent sans rejet, mais chacune d'elles coupe et rejette les veinules de calcite parallèles à l'autre; enfin les veinules de calcite rouge appartenant à Andréas coupent comme fente les veinules analogues d'Haüer zechner. Un filon de wacke à 70° coupe les deux veines métallifères non loin de leur croisement; l'intersection avec Andréas est simple, la wacke l'injecte sur 10 à 15 mètres, puis continue son chemin : le remplissage d'Andréas en ce point, *a*) vieux quartz brisé, *b*) calcite rouge, pyrite, est complétement coupé.

Le croisement d'Haüer zechner et de la wacke offre plus d'intérêt : la veine Haüer zechner pénètre dans un lit de calcaire de 16 mètres d'épaisseur; son remplissage consiste en une veinule de calcite rouge, parfois jaunâtre. La wacke d'Andréas pénètre dans le filon en suivant une ancienne cassure injectée de calcite rouge, elle remplit la veine Hauer zechner et reprend bientôt sa première direction. La calcite rouge est coupée par la wacke, mais la fente du filon se prolonge dans celle-ci et se remplit de calcite blanche nacrée; c'est en ce point que l'on a trouvé la wacke chargée de minerais d'argent. Les différents phénomènes dont ces veines ont été le théâtre se classent comme il suit :

1° Veine Haüer zechner H_{11}.

2° Veine Andréas H_6.

3° Calcite rouge.

4° Réouverture H_6 d'Andréas. Wacke à 78°.

5° Fendillettes d'Haüer zechner dans la wacke. Venue argentifère, calcite blanche.

c) *Croisement des veines Andréas, Geister et de l'Andréas-wacke.*— Ce croisement montrera clairement comment les réouvertures des filons peuvent modifier les anciens rejets et donner lieu dans la même intersection à des combinaisons variées. La *fig.* 14, Pl. XI, représente les veines à l'étage Barbara : le filon Andréas H_6 coupe et rejette le filon Geister H_{11} formé de deux veines séparées ; la wacke en filon à 70° est nettement coupée par les deux branches de Geister, elle se répand dans Andréas comme l'indique la figure. A l'étage Danielli (40 mètres plus bas) la disposition (*fig.* 15) est tout autre et explique l'apparente inconséquence des rejets *fig.* 14 ; la wacke est injectée dans Andréas et ne forme plus de veine distincte ; le filon Geister, les rejette tous deux de quelques décimètres, mais en examinant la veine de l'Andréas-wacke située au mur de Geister on voit l'une de ses salbandes se prolonger à travers Geister et le rejeter aussi comme l'indique la figure. A l'étage Barbara la réouverture d'Andréas est donc prédominante, tandis qu'à l'étage Danielli les deux réouvertures sont sensibles, et celle de Geister est la plus apparente ; en résumé ces fractures successives se sont succédé comme il suit :

1° Veine Geister à 172°.
2° Veine Andréas à 92°.
3° Wacke à 70° et réouverture H_{5-6} d'Andréas.
4° Réouverture H'_{11} de Geister.

d) *Croisement d'Andréas Liegendtrum* H_6 *et d'une veine* H_{11}, dixième étage. — La *fig.* 12, Pl. XI, représente les détails de ce croisement, la veine H_{11} est coupée par l'ancien filon Andréas, la calcite rouge passe à travers l'ancien filon ; la réouverture stérile d'Andréas coupe à la fois et la veine à 170° et sa calcite ; on a donc l'ordre suivant : veine H_6 et veine H_{11}, calcite rouge, réouverture H_{5-6} d'Andréas.

e) *Croisement des veines Anna et Geier*, deuxième étage. — La *fig.* 10, Pl. XI, explique suffisamment les détails du croisement ; on y reconnaît l'ordre d'âge suivant :

veine Anna H_{10}, calcite rouge, réouverture H_{5-6} de Geier.

f) Croisement des veines Fundgrübner H_0 *et Geschieber* H_{10}. Étage, 8 1/2. — La veine Fundgrübner à 178°, est nettement rejetée par le filon Geschieber; tous deux renferment du quartz hornstein et le quartz cristallin de la venue de cobalt; la réouverture de Geschieber a cassé ces quartz.

Section VII. — Résumé relatif à l'Erzgebirge.

§ 1. *Age des remplissages.* — Nous résumons dans le tableau qui suit les résultats généraux de l'étude que nous avons entreprise; on y pourra suivre les modifications physiques et chimiques des remplissages que présentent les filons de la Saxe, durant les longues périodes pendant lesquelles les sources thermales ont pu y circuler, grâce aux nombreuses réouvertures que ces fentes ont eu à subir.

SYSTÈMES.	SULFURES. — Arséniures, antimoniures.	FLUORURES.	Métaux natifs.	Silicates.	Phosphates, Tungstates.	CARBONATES.	carbonées.	contemporaines.
Westmoreland.		Tourmaline. Topaze.	Etain oxydé, finement imprégné dans le greisen.	Greisen à grain fin. Émeraude.				Granite - porphyre. Grünsteins talqueux, chloriteux, micacés.
Land's-End.	Mispickel. Pyrites de fer, de cuivre. Molybdène sulfuré.	Mica lithique. Fluorine.	Etain oxydé en mouches. Bismuth natif. Fer oligiste.	Quartz à éclat gras. Feldspath. Talc, chlorite.	Apatite, Scheelite. Wolfram.			Pegmatites.
	Mispickel. Pyrites de cuivre et de fer.		Remaniements d'etain.	Quartz à éclat gras, grisâtre.				Porphyres n°s I et II.
Rhin.	Blende noire. Galène argentifère. Mispickel. Pyrites de fer et cuivre.			Quartz blanc laiteux et vitreux cristallin.		Dolomite. Manganèse carbonaté.	Schistes noirs de Braunsdorf.	Felsit-fels. Pechsteins.
Thuringerwald.	Bournonite (rare). Galène pauvre (rare).		Fer oligiste.	Quartz grenu.	Barytine à larges facettes. Anhydrite.	Dolomite.		Argilophyres à Sanidine.
Mont Viso.	Pyrite de cuivre. Fahlerz.	Fluorine.	Fer oligiste, hématites rouge et brune. Manganèse oxydé.	Hornstein (rother Horn). Quartz améthiste.	Barytine à petites facettes.	Dolomite. Fer carbonaté.		
Pyrénées.	Antimonio-arsénio-sulfures (Co, Ni, Cu). Galène. Blende jaune.	Fluorine.	Bismuth natif.	Quartz saccharoïde.			Alaunschiefer à Schneeberg.	Premiers Basaltes?
Tatra (?)	Galène concrétionnée. Marcassite concrétionnée.	Fluorine.			Barytine concrétionnée.			

§ 2. *Quantités relatives et directions riches*—L'ensemble des phénomènes de remplissage offre ainsi une continuité qu'on n'aurait pu prévoir; par exemple les transformations physiques et chimiques des quartz et des silicates de remplissage présentent des caractères assez nets pour que l'on puisse, dans la plupart des cas, leur assigner un âge géologique à première vue.

Cette continuité n'est cependant qu'apparente, et il faut tenir compte théoriquement et pratiquement des quantités relatives de chaque minéral et de l'abondance de chaque venue; à ce point de vue, le tableau précédent peut se simplifier et se mettre sous la forme suivante :

REMPLISSAGES.	AGES GÉOLOGIQUES.
Greisen finement imprégné d'étain (1).	Du Westmoreland au Land's-End.
Filons de Hyalomicte à gros éléments, de quartz, de feldspath avec mouches d'étain.	Land's-End.
Venue de pyrites (pyrites de cuivre), rudimentaire en Saxe.	Du Land's-End au Rhin.
Grande venue sulfurée; galène argentifère.	Rhin.
Venue barytique, ferrugineuse, fluorée et cuprifère.	Du Thuringerwald au mont Viso.
Venue sulfurée, arsenicale et antimonifère galène; cobalt, nickel, bismuth.	Pyrénées.
Venue de barytine, fluorine, et pyrites concrétionnées.	Des Pyrénées aux Alpes occidentales.
Venue de dolomite et de calcite, commencement de la venue uranifère.	Alpes occidentales.
Pechblende, venue argentifère.	Alpes principales.

(1) Nous faisons ici abstraction de la venue stannifère d'Abertham qui se trouve dans des fentes Longmynd, mais dont l'étude n'est pas assez complète pour se prêter à une généralisation quelconque.

Les directions ordinaires qu'affectent ces différentes venues sont figurées Pl. XI, *fig.* 16, sur une rose que l'on pourra comparer à celle des dykes de roches éruptives, *fig.* 17 (*).

(*) Les notes que M. Moissenet a publiées sur ses travaux encore inédits, relatifs au Cornwall, seront intéressantes à rapprocher de cette rose. *Annales des mines.*

§ 3. *Comparaison avec les champs de cassures de la Bohème méridionale.* — Si l'on compare les directions que remplissent d'ordinaire les grandes venues de galène argentifère de Freiberg et de Przibram, ainsi que les âges géologiques que ces directions leur assignent, on arrive à les assimiler l'une à l'autre (*) ; ce sont de nouvelles preuves de l'existence d'une période métallifère très-générale en Europe, correspondant à la période triasique, et principalement au grès bigarré et au muschelkalk.

La grande quantité de plomb que fournissent les gisements triasiques interstratifiés de Tarnovitz (haute Silésie), de Commern (Prusse Rhénane), fournit d'ailleurs à la théorie des directions une vérification qui prouve combien le système du Rhin a d'importance au point de vue du mineur. On sait combien est général le fait de l'imprégnation de certaines couches triasiques par les sulfures métallifères et les produits oxydés qui en dérivent.

Remarquons ici que les mines actuellement exploitées en Saxe ne présentent qu'à l'état rudimentaire la venue sulfurée principalement cuprifère qui correspond à l'imprégnation, si générale aussi, des couches du Zechstein.

Au point de vue minéralogique, c'est à l'Edle braunspath Formation que nous comparons le plus volontiers la venue sulfurée de Przibram; son fer carbonaté, si abondant et si caractéristique, paraît remplacé à Freiberg par la dolomite et le manganèse carbonaté.

La venue barytique à grandes facettes, contemporaine du Thuringerwald, existe à Przibram et à Mies; nous avons signalé dans les mines de ce dernier district, quelques veines avec fluorine, blende jaune, et minéraux argentifères, qui nous permettent de présumer que les venues récentes de la Saxe remplissent peût-être à Mies des filons spéciaux.

(*) Études sur les filons de Przibram et de Mies, *Annales des mines*, 1869.

Il est remarquable que le système de l'Erzgebirge (Côte-d'Or), qui a produit en Bohême de grandes failles (Lettenkluft à Przibram, etc.), postérieures à la Barytine B_1, ne donne ni filons ni accidents importants dans les champs de cassures de la Saxe ; l'explication de cette anomalie apparente est dans le relief même de l'Erzgebirge qui ne présente d'escarpements que sur son versant méridional (*).

§ 4. *Des deux grandes venues sulfurées de l'Erzgebirge.* — Les grandes venues sulfurées de l'Erzgebirge, dont le type est représenté par le filon de galène, correspondraient, d'après ce qui précède, à deux périodes bien distinctes :

1° *Zechstein et Trias.* — Systèmes du Forez, du Nord de l'Angleterre, des Pays-Bas et du Rhin, grands épanchements porphyriques.

La venue triasique est la seule qui paraisse vraiment abondante en Saxe, dont les mines produisent d'ailleurs peu de cuivre.

2° *Période tertiaire et quaternaire.* — Systèmes des Pyrénées et des Alpes principales, grands épanchements de basaltes, trachytes et phonolites.

Les cassures des Alpes principales paraissent particulièrement en relation avec la venue argentifère en Saxe.

Il est remarquable que ces deux périodes soient précisément jalonnées dans les terrains stratifiés par des dépôts très-abondants de chlorure de sodium et de sulfate de chaux. Cette concomitance, déjà signalée par M. Élie de Beaumont pour la période triasique, se reproduit fidèlement dans la période tertiaire.

(*) Dans les Vosges, les filons du système de la Côte-d'Or (qui s'intercale entre le Thuringerwald et le mont Viso) contiennent de la fluorine cuprifère, de l'hématite rouge, du fer oligiste : ces faits confirment nos idées sur l'âge des venues V_3, V_4.

APPLICATION DE LA MÉCANIQUE
A L'HORLOGERIE.

(SUITE.)

Par M. H. RÉSAL, ingénieur des mines.

DES ÉCHAPPEMENTS.

§ I. — GÉNÉRALITÉS.

1. On désigne en horlogerie, sous le nom d'*échappement*, une pièce qui, à des intervalles égaux autant que possible, arrête et laisse échapper successivement les dents d'une roue, dite d'*échappement*, qui fait partie du corps de rouages du chronomètre.

L'échappement a ainsi pour effet : 1° d'empêcher le corps de rouages de prendre, sous l'action de la force motrice, un mouvement accéléré qui s'annulerait au bout de quelques instants avec l'intensité de cette force ; 2° de produire dans le corps de rouages des déplacements successifs intermittents de même durée et également espacés, d'où résulte dans le jeu de chaque aiguille un mouvement moyen que l'on peut considérer comme continu et uniforme, en raison de la petitesse des déplacements et des intermittences.

L'élément principal d'un *échappement*, quel que soit le système auquel il appartient (*), est une pièce animée d'un

(*) Nous ne nous occuperons pas ici de l'échappement dit à *roue de rencontre* qui, par ses défauts, est généralement proscrit, même dans les montres communes.

mouvement circulaire oscillatoire isochrone. L'isochronisme est produit par le pendule dans les chronomètres fixes et par l'action du ***ressort spiral*** sur le ***balancier*** dans les chronomètres portatifs.

Les parties de l'échappement qui arrêtent les dents de la roue ou qui correspondent aux intermittences portent le nom de ***repos***.

Toutefois, dans certains échappements, la période du repos est remplacée, par suite d'une forme spéciale, par un petit déplacement rétrograde de la roue, dans un but que nous ferons connaître un peu plus tard : d'où la distinction entre un ***échappement à repos*** et un ***échappement à recul***.

Le frottement et la résistance de l'air auraient bientôt détruit le mouvement du ***régulateur*** (pendule ou balancier), et le chronomètre s'arrêterait, si ce mouvement n'était pas entretenu par la force motrice à l'aide de certaines dispositions; à cet effet, avant qu'un second repos ou recul commence, la dent qui vient de s'échapper va frapper, après que la roue a tourné librement (ou à peu près) d'un petit angle, une autre partie de l'échappement que l'on désigne sous le nom de ***lèvre***, et communique à cette pièce une petite impulsion dans le sens de son mouvement actuel, impulsion qui est transmise ensuite au régulateur.

En principe, l'action du moteur sur le régulateur devrait se borner à cette simple impulsion et cesser immédiatement après; et, comme nous l'avons démontré dans un précédent mémoire, s'il en était ainsi, l'isochronisme ne serait pas modifié sensiblement par cette impulsion.

Mais si la force motrice continue encore à agir sur le régulateur pendant un instant, quelque court qu'il soit, comme son action peut être comparable et même supérieure à l'énergie de celle à qui est due l'isochronisme, et qu'elle suit une autre loi, il pourrait arriver que les durées des oscillations successives du régulateur fussent assez

différentes les unes des autres pour altérer notablement la régularité de la marche du chronomètre.

Les échappements qui se trouvent dans les conditions les plus rationnelles peuvent donc se diviser en deux catégories : 1° Les échappements dans lesquels le dégagement entre une dent de la roue et la lèvre correspondante a lieu presque instantanément après l'impulsion communiquée à cette pièce. Dans ce cas, l'échappement peut être monté sur le même axe que le régulateur. Telles sont les différentes variétés de *l'échappement à détente*, appliqué aux chronomètres de marine et aux montres de prix, et qui rentre dans la catégorie des échappements *libres*, c'est-à-dire qui sont soustraits à l'action continue de la force motrice. 2° Les échappements dans lesquels le contact, ayant encore lieu entre une lèvre et une dent, pendant quelques instants après l'impulsion, sont montés sur un axe parallèle à celui du régulateur ; l'impulsion est communiquée par l'échappement au régulateur, au moyen d'une disposition qui permet, presque instantanément, le dégagement de cette dernière pièce devenue libre, pour toute l'étendue du contact de la lèvre et de la dent. Cette condition est remplie par *l'échappement à ancre des montres*, échappement qui est également libre, mais qui est moins sensible que le précédent en raison de la masse des pièces mises en mouvement, au point de vue de l'inertie et des frottements sur les pivots qui en résultent.

Il y a en outre les échappement montés sur l'arbre du balancier, dont le mouvement se trouve influencé par la force motrice pendant toute la durée du contact de la roue d'échappement et d'une lèvre : tel est *l'échappement à cylindre*, qui n'est plus libre sous aucun rapport. On s'explique ainsi pourquoi, malgré sa facilité d'exécution, ce dernier échappement n'est appliqué que dans les montres d'une valeur secondaire.

Les échappements à ancre de Gràhanm pour les pendules

et les horloges, et l'échappement à chevilles des horloges sont soumis aux mêmes irrégularités que le précédent, mais elles peuvent être notablement amoindries en donnant au balancier une masse convenable, ce que permet d'ailleurs le dispositif de l'appareil.

Lorsque le balancier est dans sa position moyenne ou au milieu de sa course (c'est-à-dire lorsque chacun de ses points se trouve au milieu de l'arc qu'il décrit dans une oscillation complète), chaque demi-oscillation se décompose en deux parties. Dans la première, la force motrice, par l'intermédiaire de la voie d'échappement et de l'échappement, agit sur le balancier pour les motifs que nous avons indiqués plus haut; l'angle décrit est l'angle de *levée* (l'arc de levée des horlogers); dans la seconde, le balancier se meut librement sous l'influence du spiral ou de la pesanteur, selon les cas, et décrit, jusqu'au moment où la vitesse angulaire s'annule, *l'angle complémentaire*, c'est-à-dire la différence entre la demi-amplitude et l'angle de levée. Le balancier revient ensuite sur ses pas en décrivant librement l'angle complémentaire, puis sous l'action du rouage sur l'étendue de l'angle de levée, la demi-oscillation ascendante suivante suit la même marche que la première et ainsi de suite.

Nous allons maintenant chercher à étudier les propriétés des principaux types des trois genres d'échappement, en évitant autant que possible d'entrer dans les détails qui ne sont utiles qu'au point de vue technique et pour lesquels nous renverrons aux ouvrages spéciaux sur l'horlogerie.

Toute la théorie des échappements est comprise dans les trois propositions suivantes que nous établirons sous la forme de lemmes.

2. Premier lemme. — *Une lame élastique rectiligne* abc (*fig.* 1) *à section constante, encastrée à l'une de ses extrémités* a, *est sollicitée à son autre extrémité* c *par une force* p *perpendiculaire à sa direction et par une force* q *paral-*

lèle à la précédente, mais de sens contraire appliquée en un point b. *On propose de trouver les expressions de ces deux forces en fonction des déplacements de leurs points d'application, lorsque la lame est parvenue à son état d'équilibre.*

Soient :

$ac = l$ la longuenr de la lame; $cb = \lambda l$, λ étant une fraction connue;

b_1, c_1 les positions que prennent les points b et c, lorsque la lame a pris sa forme d'équilibre sous l'action des forces p et q; μ le moment d'élasticité de la lame.

Nous prendrons la direction de ac pour axe des x, et sa perpendiculaire en a, menée dans le sens de p pour axe des y.

Pour l'objet qui nous occupe, il nous suffit de considérer le cas d'une faible flexion. La variation de la longueur de la lame supposée réduite à sa fibre moyenne étant nulle, les droites $cc_1 = c$, $bb_1 = b$ seront les ordonnées respectives des points c_1 et b_1.

D'après une formule connue de la théorie de la résistance des matériaux, applicable aux faibles flexions, on a, pour l'équation différentielle de la courbe b_1c_1 :

$$\mu \frac{d^2y}{dx^2} = p(l-x),$$

d'où, en intégrant et désignant par cc' deux constantes arbitraires,

$$(a) \quad \begin{cases} \mu \dfrac{dy}{dx} = px\left(l - \dfrac{x}{2}\right) + C, \\ \mu y = p\dfrac{x^2}{2}\left(l - \dfrac{x}{3}\right) + Cx + C', \end{cases}$$

et puisque la courbe passe par les points b_1 et c_1, on a les relations :

$$\mu c = p\frac{l^3}{3} + Cl + C',$$

$$\mu b = p\frac{l^3}{3}\left(\frac{1}{3} - \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda^3}{6}\right) + Cl(1-\lambda) + C',$$

par suite

$$\mu\frac{(c-b)}{l\lambda} = \frac{pl^2}{2}\left(1 - \frac{\lambda^2}{3}\right) + C.$$

En désignant par α l'inclinaison de la tangente au point b sur l'axe des x, la seconde des formules (a) donne :

$$\mu \operatorname{tang} \alpha = \frac{pl^2}{2}(1-\lambda^2) + C,$$

d'où

$$(b) \qquad \mu \operatorname{tang} \alpha = \frac{\mu(c-b)}{l\lambda} - \frac{1}{3}pl^2\lambda^2.$$

Pour la courbe ab_1, qui part du point a et qui est tangente à ax en ce point, on a :

$$\mu\frac{d^2y}{dx^2} = p(l-x) - q[l(1-\lambda)-x] = [p-q(1-\lambda)]l - (p-q)x$$

$$\mu\frac{dy}{dx} = [p-q(1-\lambda]lx - \frac{x^2}{2}(p-q),$$

$$\mu y = [p-q(1-\lambda)]\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}(p-q).$$

En exprimant que cette courbe passe par le point b_1 et qu'elle est tangente en ce point à b_1c_1, on trouve :

$$(c) \qquad p\left(\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)(1-\lambda) - q(1-\lambda)^2 = \frac{3\mu b}{l^3(1-\lambda)},\right.$$

$$\mu \operatorname{tang} \alpha = \frac{l^2}{2}[p(1-\lambda^2) - q(1-\lambda)^2],$$

d'où en vertu de l'équation (b),

$$(d) \qquad p\left(1-\frac{\lambda^2}{3}\right) - q(1-\lambda)^2 = 2\mu\frac{(c-b)}{l^3\lambda}.$$

Enfin des équations (c) et (d) on tire

$$
(\mathrm{A})\left\{\begin{aligned}
p &= \frac{2\mu}{l^2\lambda\left(1+\frac{\lambda}{3}\right)}\left[2\frac{(c-b)}{\lambda}-\frac{3b}{1-\lambda}\right]\\
q(1-\lambda)^2 &= \frac{2\mu}{l^2\lambda}\left[\frac{1-\frac{\lambda^2}{3}}{1+\frac{\lambda}{3}}\left(2\frac{(c-b)}{\lambda}-\frac{3b}{1-\lambda}\right)-2(c-b)\right]
\end{aligned}\right.
$$

Ces formules permettront notamment de calculer les pressions exercées par une lame encastrée à une de ses extrémités, sur des appuis placés à deux points donnés, comme l'indique la figure, et qui feront fléchir la lame de manière à ce qu'elle passe par ces deux points.

3. *Cas particulier.*—Si les points c et b sont assez rapprochés l'un de l'autre pour que la fraction λ soit négligeable devant l'unité, les formules (A) se simplifient et donnent

$$p=q=4\mu\frac{(c-b)}{l^2\lambda^2},$$

et enfin si le point b est assujetti à ne pas se déplacer (*fig.* 2), on a tout simplement

$$(\mathrm{B})\qquad p=q=\frac{4\mu c}{l^2\lambda^2},$$

quantité qui sera toujours petite lorsque, comme nous le supposerons toujours, les dimensions transversales de la lame, de même que c, seront au plus de l'ordre de λl ; car alors p et q seront du troisième ordre en λ.

4. Deuxième lemme.— *Calcul du moment auquel donne lieu un petit déplacement angulaire de l'extrémité extérieure d'un ressort spiral.* — Considérons une lame d'une section constante, affectant à l'état naturel la forme d'une spirale

d'Archimède, encastrée à ses deux extrémités dans des pièces assujetties à rester respectivement à des distances constantes de l'origine de la courbe. Supposons que l'encastrement intérieur soit fixe, et que sa distance à l'origine soit assez grande pour que plusieurs spires centrales (trois ou quatre au moins) soient supprimées, tandis que l'encastrement extérieur ait la faculté d'éprouver un déplacement rotatoire autour de l'origine géométrique de la spirale. Nous nous trouverons dans les conditions du ressort spiral de l'échappement libre dit *à bascule*, que nous avons principalement en vue de considérer, et pour lequel le déplacement angulaire de l'encastrement extérieur est très-petit.

Mais avant d'aborder cette question, nous allons, sinon établir, du moins rappeler quelques propriétés fondamentales de la spirale d'Archimède.

Soient :

$r = a\theta$ l'équation polaire de la courbe ;

V l'angle formé par la tangente avec le rayon vecteur correspondant ;

s la longueur de l'arc compté à partir du point dont les coordonnées sont r_0 et θ_0 ;

γ le rayon de courbure de la courbe.

On a :

$$\tang V = r\frac{d\theta}{dr} = \theta.\ \cos V = \frac{1}{\sqrt{1+\theta^2}},\ \sin V = \frac{\theta}{\sqrt{1+\theta^2}},$$

$$ds^2 = a^2(1+\theta^2)\,d\theta, \qquad s = a\int_{\theta_0}^{\theta}\sqrt{1+\theta^2}\,d\theta,$$

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{d\theta + dv}{ds} = \frac{2+\theta^2}{a(1+a^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

L'angle θ_0 correspondant à l'encastrement extérieur du ressort spiral, est, comme nous l'avons supposé, au moins égal à trois ou quatre fois 2π. On peut sans inconvénient négliger l'unité devant θ^2, et les formules précédentes donnent :

$$(c)\left\{\begin{aligned} &\cos V=\frac{1}{\theta}\qquad \sin V=1,\qquad V=\frac{\pi}{2}-\frac{1}{\theta},\\ &s=a\left(\frac{\theta^2-\theta_0^2}{2}\right)=\frac{r^2-r_0^2}{2a};\qquad \theta=\sqrt{\frac{2s}{a}+\frac{r_0^2}{a^2}},\\ &\qquad V=a\theta=r=\sqrt{2sa+r_0^2}.\end{aligned}\right.$$

Cela posé, soient (*fig.* 3) :

O l'origine géométrique de la courbe ;

A_0 le point d'encastrement intérieur et fixe de la lame ;

A_1 son point d'encastrement extérieur, assujetti à rester à une distance constante du point O;

r, r_1, r_0 les rayons vecteurs partant du point O et aboutissant respectivement à un point quelconque m de la spirale, et aux points A_1, A_0 ;

θ, θ_1, θ_0 les angles polaires correspondants ;

x, y les coordonnées du point m par rapport à la droite Ox qui joint les points O et A_0 et à sa perpendiculaire au premier de ces points.

μ le moment d'élasticité de la lame. Le nombre des spires comprises entre les points O et A_1 étant assez grand, comme nous l'avons supposé, on peut, sans erreur appréciable, considérer l'encastrement en A_1 comme étant perpendiculaire au rayon vecteur correspondant.

Soient de plus :

$\delta\theta_1$ la variation que l'on fait éprouver à l'angle θ_1 et dont nous négligerons les puissances supérieures à la première;

x', y' ce que deviennent les coordonnées du point m après la déformation ;

ρ le rayon de courbure correspondant ;

μP, μQ les réactions normale et tangentielle de l'encastrement A_1 sur le ressort ;

$a\mu C$ le moment des forces élastiques développées dans la section normale au ressort en A_1 par rapport au centre de gravité de cette section, augmenté du moment de la force

μP par rapport au point O. C'est ce que l'on peut appeler moment moteur du ressort.

Nous négligerons, comme on le fait d'habitude et pour des motifs exposés dans les ouvrages spéciaux sur la théorie de la résistance des matériaux, et sur lesquels nous n'avons pas à revenir, l'allongement proportionnel de la fibre moyenne du ressort dû aux forces μP et μQ, et nous estimerons, de la même manière, les moments des forces qui sollicitent une portion quelconque du spiral comme s'il ne s'était pas déformé.

En appelant S la longueur totale du ressort, on a

$$(d) \qquad S = a\frac{(\theta_1^2 - \theta_0^2)}{2}, \quad r_1 = a\theta_1.$$

La composante de la force élastique dans la section correspondant au rayon Om, perpendiculaire à ce rayon, est égale et contraire à la projection sur la même direction des forces μP et μQ, et a pour expression

$$\mu\left[P\cos(\theta_1 - \theta) - Q\sin(\theta_1 - \theta)\right],$$

et l'on a par suite pour l'équation d'équilibre de la lame

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\gamma} = aC - a\theta\left[P\cos(\theta_1 - \theta) - Q\sin(\theta_1 - \theta)\right],$$

ou, en désignant par α et β les angles que forme avec Ox la tangente en m avant et après la déformation,

$$d\frac{(\beta - \alpha)}{ds} = aC - a\theta\left[P\cos(\theta_1 - \theta) - Q\sin(\theta_1 - \theta)\right],$$

et enfin en remarquant que $ds = a\theta d\theta$,

$$\frac{\beta - \alpha}{a} = C\frac{(\theta^2 - \theta_0^2)}{2} - P\int_{\theta_0}^{\theta}\theta^2\cos(\theta_1 - \theta)d\theta + Q\int_{\theta_0}^{\theta_1}\theta^2\sin(\theta_1 - \theta)d\theta.$$

La constante introduite par l'intégration est nulle à cause de la fixité de l'encastrement en A_0 qui fait que $\alpha=\beta$ pour $\theta=\theta_0$.

En effectuant les intégrations, on trouve en continuant le mode d'approximation adopté,

$$(c)\left\{\begin{aligned}\frac{\beta-\alpha}{a^2}&=C\frac{(\theta^2-\theta_0^2}{2}+P\Big[\theta^2\sin(\theta_1-\theta)-2\theta\cos(\theta_1-\theta)\Big]_{\theta_0}^{\theta}+\\&+L\Big[\theta^2\cos(\theta_1-\theta)+2\theta\sin(\theta_1-\theta)\Big]_{\theta_0}^{\theta}.\end{aligned}\right.$$

Pour simplifier les formules, nous supposerons dorénavant que les angles θ_0 et θ_1 correspondent chacun à un nombre entier de spires, et alors le sinus de la somme ou de la différence de multiples de ces angles sera nul, tandis que le cosinus sera égal à l'unité.

Au point A, l'angle $\beta-\alpha$ est égal à $\delta\theta_1$ et par suite

$$(1)\quad \frac{\delta\theta_1}{a^2}=C\frac{(\theta_1^2-\theta_0^2)}{2}-2P(\theta_1-\theta)+Q(\theta_1^2-\theta_0^2),$$

ce qui donne une première relation entre P, Q, C et $\delta\theta_1$.

Posons $\alpha-\beta=\varepsilon$, et négligeons le quarré de ε; nous aurons :

$$\cos\beta=\cos\alpha-\sin\alpha\,.\,\varepsilon,$$

$$\sin\beta=\sin\alpha+\delta\cos\alpha,$$

$$\cos\beta=\frac{dx'}{ds'},\quad \sin\beta=\frac{dy'}{ds},$$

$$\cos\alpha=\frac{dx}{ds},\quad \sin\alpha=\frac{dy}{ds},$$

d'où

$$(f)\quad\left\{\begin{aligned}x-x'&=-a\int_{\theta_0}^{\theta}\sin\alpha\,.\,\varepsilon\theta d\theta,\\ y-y'&=a\int_{\theta_0}^{\theta}\cos\alpha\,.\,\varepsilon\theta d\theta.\end{aligned}\right.$$

Les constantes introduites par l'intégration sont nulles,

puisque pour $\theta=\theta_0$, les coordonnées restent les mêmes après la déformation qu'auparavant. D'après ce que nous avons vu plus haut, on pourra prendre $\alpha=\frac{\pi}{2}+\theta$, par suite:

$$x-x'=-a\int_{\theta_0}^{\theta}\sin\theta.\varepsilon.\theta d\theta,$$

$$y-y'=-a\int_{\theta_0}^{\theta}\cos\theta.\varepsilon.\theta d\theta.$$

Pour $\theta=\theta_1$ on a $x=x'$ et $y=r_1\,\delta\theta_1=a\,\delta\theta_1$, et en effectuant les intégrations, on trouve :

$$(2)\left\{\begin{array}{l}3C(\theta_1^2-\theta_0^2)-\frac{P}{6}(\theta_1^3-\theta_0^3)+\frac{Q}{4}(\theta_1^4-\theta_0^4)=0,\\ C\theta_1(\theta_1^2-\theta_0^2)+\frac{P}{4}(\theta_1^4-\theta_0^4)+Q\left[\frac{7}{6}\theta_1^3+\frac{5}{6}\theta_1^3-2\theta_0^3\theta_1\right]=\\ =\frac{2\theta_1\delta\theta_1}{a^2}.\end{array}\right.$$

De l'équation (1) on tire

$$C+2Q=\frac{2\delta\theta_1}{a^2(\theta_1^2-\theta_0^2)},$$

et les précédentes deviennent par l'élimination de Q

$$C\left[\frac{72(\theta_1^2-\theta_0^2)-3(\theta_1-\theta_0^4)}{\theta_1^3-\theta_0^3}\right]-4P=-\frac{6\delta\theta_1(\theta_1^4-\theta_0^4)}{a^2(\theta_0^2-\theta_0^2)(\theta_1^3-\theta_0^3)},$$

$$5C\frac{(\theta_1^3-\theta_0^3)}{(\theta_1^4-\theta_0^4)}+3P=\frac{24\theta_1\delta\theta_1}{a^2(\theta_1^4-\theta_0^4)},$$

d'où l'on déduira facilement C.

Supposons que $\frac{\theta_0}{\theta_1}$ soit une assez petite fraction pour que l'on puisse en négliger le quarré devant l'unité, on aura :

$$C=6\frac{\delta\theta_1}{a^2\theta_1^3}\left[\frac{3\theta_1^2-16}{9\theta_1^2-236}\right],$$

et si le ressort a seulement sept ou huit spires, cette formule se simplifie encore et peut être remplacée par la suivante :

$$C = \frac{2\delta\theta_0}{\theta^2\theta_1^2},$$

et en désignant par M le moment moteur qu'il s'agit de déterminer, on a

$$M = a\mu C = \frac{2\mu\delta\theta_1}{a_1\theta_1^2} = \frac{\mu}{S}\delta\theta_1, \tag{3}$$

et ce moment est ainsi égal à celui qui serait nécessaire pour faire fléchir de l'angle $\delta\theta_1$ l'extrémité d'une lame droite de même section, de même nature et de même longueur que le ressort dont nous nous sommes occupé. Q est une quantité de la grandeur de celles que l'on néglige, et l'on a :

$$\mu P = \frac{14\mu}{3}\frac{\delta\theta_1}{a^2\theta_1^2} = \frac{14\mu\delta\theta_1}{3r_1^2}.$$

5. Troisième lemme. — *Du choc de deux corps tournant autour d'axes parallèles.*

Deux corps S, S′ mobiles autour de deux axes parallèles viennent à se choquer de manière que leur plan tangent commun au point de contact, soit perpendiculaire au plan des axes. Proposons-nous de déterminer le mouvement qu'ils prennent après le choc. Nous prendrons pour plan de la figure, celui qui est mené du point de contact m perpendiculairement à la direction des axes, et nous serons ramené à considérer géométriquement les sections faites dans ces deux corps par ce plan à la direction des axes.

Soient (*fig* 4) :

O, O′ les traces des axes de S et de S′ qui sera par exemple le corps choquant ;

ω_0, ω'_0 les vitesses angulaires correspondantes au moment où le choc commence ; nous les supposerons de sens con-

traire, la première, par exemple, ayant lieu de la gauche vers la droite;

ω_1, ω'_1 les vitesses angulaires des mêmes corps à la fin du choc;

I, I′ les moments d'inertie de S, S′ autour de leurs axes respectifs;

p, p' les distances de O, O′ à la normale commune en m aux deux courbes déterminées par le plan de la figure dans les surfaces des deux corps;

q, q' les distances des mêmes points à la tangente commune à ces courbes;

N la réaction normale en m entre les deux corps à un instant quelconque du choc;

ω, ω' les vitesses angulaires de S, S′ au même instant.

Pendant la durée du choc les surfaces des deux corps éprouveront un glissement de l'une sur l'autre, et la réaction N engendrera par suite un frottement Nf.

Nous ne considérons que le cas où le choc ne modifie pas le sens des vitesses angulaires, en supposant que le diamètre des tourillons soit assez petit pour que l'on puisse négliger les frottements auxquels ils donnent lieu.

Pour déterminer le sens du frottement sur chacun des corps S, S′ nous pourrons supposer qu'ils soient complétement invariables de forme. Si dans cette hypothèse on imprime au système de S, S′ une vitesse angulaire égale et contraire à ω' de manière à ramener ce dernier corps au repos, le centre instantané de S viendra se placer sur O, O′ en un point I déterminé par la relation

$$\omega' . O'I = \omega . OI,$$

et comme S glisse sur S′, mI est la normale commune aux deux profils; dès lors on voit que le frottement sur S est dirigé suivant ma, et par suite, suivant ma' sur S′.

De la relation ci-dessus on déduit la suivante

$$(1)\qquad \frac{\omega'}{\omega}=\frac{p'}{p},$$

qui exprime que les composantes normales des vitesses des deux corps au point m sont égales et de même sens, ce que l'on devait prévoir.

Nous aurons donc, quel que soit le degré d'élasticité des deux corps,

$$(2)\qquad \begin{aligned} \mathrm{I}\frac{d\omega}{dt}&=(p+fq)\mathrm{N},\\ \mathrm{I}'\frac{d\omega'}{dt}&=-(p'+fq')\mathrm{N}, \end{aligned}$$

d'où en éliminant N et intégrant pour toute la durée du choc,

$$(3)\qquad \omega_1-\omega_0=-\frac{\mathrm{I}'(p+fq)}{\mathrm{I}(p'+fq')}(\omega'_1-\omega'_0),$$

Si deux corps après s'être choqués, reprennent exactement leur forme primitive, on dit qu'ils sont *parfaitement élastiques*, et leur force vive est la même après qu'avant la collision, ce qui définit analytiquement la nature de ces corps; car le travail moléculaire développé s'annule quand les distances intermoléculaires redeviennent les mêmes. Il y a très-peu de corps que l'on puisse considérer comme parfaitement élastiques, et encore pour des chocs dont l'énergie ne dépasse pas une certaine limite.

6. Les deux corps sont *complètement dénués d'élasticité ou sont mous*, lorsque leur déformation va en augmentant pendant toute la durée du choc, qui cesse lorsque leurs vitesses au point de contact, estimées suivant la normale, sont égales entre elles. D'après ce que l'on a vu plus haut, on a :

$$(4)\qquad \frac{\omega'_1}{\omega_1}=\frac{p}{p'},$$

et le point I est la trace de l'axe instantané de rotation dans le mouvement relatif, après le choc, de l'un des corps par rapport à l'autre.

En général les corps ne sont ni mous ni complétement élastiques; dans une première partie de la durée du choc, leur déformation va d'abord en croissant jusqu'à une certaine limite, puis en décroissant dans la seconde partie de cette durée sans qu'elle s'annule complétement. La déformation permanente des corps, lorsqu'ils sont sur le point de se séparer a nécessité une dépense de travail neutralisant le travail résistant des actions moléculaires. Ce travail moléculaire, nul pour les corps parfaitement élastiques, atteint son maximum pour les corps mous. Ce maximum, d'après le théorème de Carnot est représenté par la demi-force vive des corps due aux vitesses perdues, soit dans le problème actuel par

$$-\frac{1}{2}[I(\omega_1-\omega_0)^2+I'(\omega'_1-\omega'_0)^2].$$

Dans le cas ordinaire des corps semi-élastiques, on pourra prendre pour l'expression de ce travail :

$$-\frac{\varepsilon}{2}[I(\omega_1-\omega_0)^2+I'(\omega'_1-\omega'_0)^2],$$

ε désignant une fraction qui dépend de la nature des corps choquants.

Il nous reste maintenant à trouver l'expression du travail relatif au frottement Nf. Les vitesses des corps S, S' au point m étant, $q\omega$, $q\omega'$, à un instant quelconque de la durée du choc, on a pour l'expression de ce travail :

$$fq\int N\omega dt - fq'\int N\omega' dt,$$

ou, en vertu des équations (2),

$$\frac{1}{2}\frac{fqI}{p+fq}(\omega_1^2-\omega_0^2)+\frac{1}{2}\frac{fq'I'}{p'+fq'}(\omega'^2_1-\omega'^2_0).$$

Le principe des forces vives donne donc :

$$I(\omega_1^2+\omega_0^2)+I'(\omega'^2_1-\omega'^2_0)=-\varepsilon[I(\omega_1-\omega_0)^2+I'(\omega'^2_1-\omega'^2_0]+$$
$$+\frac{fqI}{p+fq}(\omega_1^2-\omega_0^2)+\frac{fq'I'}{p'+fq'}(\omega'^2_1-\omega'^2_0),$$

ou

$$(5)\begin{cases} I(\omega_1-\omega_0)\left[\left(1-\dfrac{fq}{p+fq}\right)(\omega_1+\omega_0)+\varepsilon(\omega_1-\omega_0)\right]+ \\ +I'(\omega'_1-\omega'_0)\left[\left(1-\dfrac{fq'}{p'+fq'}\right)(\omega'_1+\omega'_0)+\varepsilon(\omega'_1-\omega'_0)\right]=0, \end{cases}$$

ou encore, en vertu de l'équation (3),

$$(6)\begin{cases} \left(1+\varepsilon-\dfrac{fq}{p+fq}\right)(\omega_1-\omega_0)-\dfrac{I}{I'}\dfrac{p'+fq'}{p+fq}\left(1+\varepsilon-\dfrac{fq'}{p'+fq'}\right)(\omega'_1-\omega'_0)= \\ =2\left[\dfrac{p'+fq'}{p+fq}\left(1-\dfrac{fq'}{p'+fq'}\right)\omega'_0-\left(1-\dfrac{fq}{p+fq}\right)\omega_1\right] \end{cases}$$

et

$$(7)\begin{cases} (\omega_1-\omega_0)\left[1+\varepsilon-\dfrac{fq}{p+fq}+\dfrac{I}{I'}\left(\dfrac{p'+fq'}{p+fq}\right)^2\left(1+\varepsilon-\dfrac{fq'}{p'+fq'}\right)\right]= \\ =2\left[\dfrac{p'+fq'}{p+fq}\left(1-\dfrac{fq'}{p'+fq'}\right)\omega'_0-\omega_0\left(1-\dfrac{fq}{p+fq}\right)\right]. \end{cases}$$

Si l'on néglige le quarré du frottement comme on le fait d'habitude dans les questions de cette nature, il vient

$$(\omega_1-\omega_0)\left[(1+\varepsilon)\left(1+\frac{I}{I'}\frac{p'^2}{p^2}\right)-f\left(\frac{q}{p}+\frac{I}{I'}\frac{p'^2}{p^2}\cdot\frac{q'}{q}-2\frac{I}{I'}(1+\varepsilon)\frac{p'}{p}\frac{pq'-qp'}{p^2}\right)\right]=$$
$$=2\left(\omega'_0\frac{p'}{p}-\omega_0\right)+\frac{fq}{p}\left(\omega_0-\omega'_0\frac{p'}{p}\right),$$

d'où

$$\omega_1-\omega_0=2\frac{(\omega'_0p'-\omega_0p_0)}{p(1+\varepsilon)\left(1+\dfrac{I}{I'}\dfrac{p'^2}{p^2}\right)}\left[\frac{1-f\dfrac{q}{p}+f\left(\dfrac{q}{p}+\dfrac{I}{I'}\dfrac{p'^2}{p^2}\dfrac{q'}{q}-2\dfrac{I'}{I}(1+\varepsilon)\dfrac{p'}{p}\dfrac{pq'-qp'}{p^2}\right)}{(1+\varepsilon)\left(1+\dfrac{I}{I'}\dfrac{p'^2}{p^2}\right)}\right]$$

formule dont on déduira $\omega'_1-\omega'_0$ par une simple transformation de lettres.

Avant d'aller plus loin nous ferons remarquer que pour qu'il y ait choc du corps S′ contre le corps S, il faut que l'on ait :

$$\omega_0 p_0 < \omega'_0 p'_0,$$

ou que la quantité $\omega'_0 p'_0 - \omega_0 p_0$ qui entre au numérateur du second nombre de l'équation (8) soit positive; car cette quantité est la projection sur la normale mI de la vitesse relative du point de S′ en vertu de laquelle il parcourt dans l'instant qui précède le choc l'élément de chemin qui le sépare du point correspondant du corps choqué, et il faut pour qu'il y ait rencontre que cette vitesse soit positive.

7. ***Cas particulier.*** — Lorsque le choc a lieu sur la ligne des autres OO′, et de telle manière que la normale au point de contact soit perpendiculaire à sa direction, le frottement disparaît de la formule (8), comme on devait s'y attendre, et en désignant d'une manière générale par w la vitesse du point de contact, cette formule donne :

$$(9)\qquad w_1 = -\frac{(1-\varepsilon)}{1+\varepsilon} w_0 + \frac{2}{1+\varepsilon} \frac{w_0 \mathrm{I} p'^2 + w'_0 \mathrm{I}' p^2}{\mathrm{I}' p^2 + \mathrm{I} p'^2}.$$

En permutant les lettres pour obtenir w_1', on voit que le second terme du second membre ne change pas de valeur, et comme c'est le seul qui reste dans le cas des corps mous ou de $\varepsilon = 0$, on a $w_1 = w'_1$, ce qui vérifie le principe de Carnot.

En général on a cette relation remarquable :

$$(10)\qquad w_1 - w_0 = \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon}(w'_0 - w'_1).$$

Si à l'instant où le choc a lieu le corps choqué est en repos, on a $w_0 = 0$, et

$$
(11)\quad \begin{cases} w_1 = \dfrac{\varepsilon}{1+\varepsilon} w'_0 \cdot \dfrac{I'p^2}{I'p^2 + Ip'^2} \\ w'_1 = \dfrac{w'_0}{1+\varepsilon}\left(-1 + \varepsilon + \dfrac{2I'p^2}{I'p^2 + Ip'^2}\right) \end{cases}
$$

8. Considérons maintenant un troisième corps S″ tournant autour d'un axe fixe O″ parallèle aux axes O et O′, et choqué par S au moment même où ce dernier corps l'est par S′; supposons que le contact de S et S″ ait lieu en un point de OO′ et que cette droite soit la tangente commune aux profils des deux corps en ce point; enfin que par suite d'une disposition particulière, les vitesses de S et S″ en leur point de contact soient les mêmes avant comme après le choc.

Soient:

I'' le moment d'inertie de s'' autour de son axe;

p'' la distance du point de contact avec s au point o'';

ω_0'', ω_1'' les vitesses angulaires de ce même corps avant et après le choc;

a la distance au point O du point de contact de S et S″;

N′ la réaction au contact de chacun de ces deux corps sur l'autre à un instant quelconque du choc.

On a en conservant les autres notations du numéro précédent:

$$
(12)\quad \begin{cases} I(\omega_1 - \omega_0) = (p + fq)\int N dt - a\int N' dt, \\ I'(\omega'_1 - \omega'_0) = -(p' + fq')\int N dt, \\ I''(\omega''_1 - \omega'''_1) = p''\int N dt. \end{cases}
$$

Mais, par hypothèse,

$$
\omega''_0 = \omega_0 \frac{a}{p''}, \qquad \omega''_1 = \omega'_1 \frac{a}{p''},
$$

par suite

$$
\int N' dt = I'' \frac{a}{p''^2}(\omega_1 - \omega_0).
$$

La première des équations (12) devient :

$$(13) \qquad (\omega_1 - \omega_0)\left(I + I'' \frac{a^2}{p''^2}\right) = (p + fq)\int N dt,$$

qui, réunie à la seconde de ces équations, fera connaître les éléments du problème.

Mais il est visible qu'il est inutile de recommencer les calculs que nous avons faits plus haut, et qu'il suffit de remplacer dans l'équation (8) I par $I + \frac{I''a^2}{p''^2}$. On voit donc que *l'influence du corps choqué par réaction, produit le même effet que si en le supprimant, on augmentait le moment d'inertie du corps choqué directement, du moment d'inertie du précédent, multiplié par le carré des distances du point de contact à l'axe du dernier de ces corps et à celui de l'autre corps.*

9. Quatrième lemme. — *Détermination du point où viennent à se rencontrer deux corps tournant autour d'axes parallèles après avoir été en contact, le corps choquant partant du repos.*

Nous supposerons que les deux corps sont de forme cylindrique et que les génératrices de leurs surfaces soient parallèles à la direction des axes ; le tout revient par suite à raisonner sur la figure résultant de la section faite dans les deux corps par un plan perpendiculaire aux axes et que nous prendrons pour plan de la figure.

Soient (*fig.* 5) :

S, S′ les deux corps tournant autour des axes projetés en O, O′.

ac et *ab* les surfaces de ces corps à un instant tel que S est en repos et s'appuie en *a* contre S′ sans qu'il y ait en ce point un plan tangent commun aux deux surfaces.

ω' la vitesse angulaire de S′ supposée constante et ayant lieu de la droite vers la gauche.

φ l'accélération angulaire de S, également supposée con-

stante, mais ayant lieu en sens inverse de ω', c'est-à-dire de la gauche vers la droite.

A l'instant qui suit celui que nous considérons, S' en vertu de la rotation ω', se sépare de S qui lui-même prend un mouvement accéléré ; mais au bout d'un certain temps, qui sera très-petit, si, comme nous le supposerons, φ est très-grand par rapport à ω', les deux corps se rencontreront en ayant en leur point de contact le même plan tangent. Soient $a'\ b'$ la nouvelle position de ab.

m le point de contact ;

a_1 la nouvelle position du point de ac primitivement en a

$$r = Oa = Oa_1, \qquad Om = r + \delta r,$$
$$r' = O'a = O'a', \qquad O'm = r' + \delta r',$$
$$O'\widehat{Oa} = \alpha, \qquad O'\widehat{Om} = \alpha + \delta\alpha,$$
$$\widehat{OO'a} = \alpha, \qquad \widehat{OO'm} = \alpha' + \delta\alpha',$$

enfin

$$\delta n = \frac{\varphi t^2}{2} = aOa_1, \qquad \delta n' = \omega' t = a'\widehat{O}a,$$

les déplacements angulaires éprouvés par S, S' au bout du temps t qui s'est écoulé jusqu'au moment du choc ;

d la distance des centres O, O' ;

aT, aT' les tangentes en a aux courbes ac et ab ;

V, V' les angles qu'elles font respectivement avec Oa, O'a.

Nous ne conserverons que les premières puissances des variations ayant δ pour caractéristique.

On a évidemment :

$$(1) \qquad \begin{cases} r' \cos\alpha' + r \cos\alpha = d, \\ r' \cos\alpha' + r \sin\alpha = 0, \end{cases}$$

d'où

$$(2) \qquad \begin{cases} \delta r' \cos\alpha' + \delta r \cos\alpha - r' \sin\alpha' \delta\alpha' - r \sin\alpha \delta\alpha = 0, \\ \delta r' \sin\alpha' - \delta r \sin\alpha + r' \cos\alpha' \delta\alpha' - r \cos\alpha \delta\alpha = 0. \end{cases}$$

Nous supposerons que les deux courbes ab, ac sont rapportées respectivement aux centres O, O′ et à l'axe polaire OO′.

Si nous concevons que l'on ramène la courbe $a'b'$ en ab, on voit que l'angle polaire de m dans sa nouvelle position sera égal à α' diminué de l'angle

$$mO'a' = aO'a' - mO'a = \delta n - \delta\alpha',$$

et l'on a par suite

$$(a') \qquad \delta r' = \frac{dr'}{d\alpha}(\delta\alpha' - \delta n) = r' \cot V' (\delta\alpha' - \delta n').$$

On trouverait de même :

$$(a) \qquad \delta r = \frac{dr}{d\alpha}(\delta\alpha - \delta n) = r \cot V (\delta\alpha - \delta n),$$

et en substituant ces valeurs dans l'équation (2) et posant pour abréger :

$$(b) \qquad \frac{r'}{\sin V'} \cdot \frac{\sin V}{r} = m,$$

on trouve :

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} & m\delta\alpha' \cos(\alpha' + V') + \delta\alpha \cos(\alpha + V) = \\ & \qquad = m \cos\alpha' \cos V' \delta n' + \cos\alpha \cos V \delta n, \\ & m\delta\alpha' \sin(\alpha' + V') - \delta\alpha \sin(\alpha + V) = \\ & \qquad = m \sin\alpha' \cos V' \delta\alpha' - \sin\alpha \cos V \delta n, \end{aligned} \right.$$

d'où

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} \delta\alpha &= \frac{m\delta n \sin V' \cos V' + \delta n \cos V \sin(\alpha + \alpha' + V')}{\sin(\alpha + \alpha' + V + V')}, \\ m\delta\alpha' &= \frac{m\delta n' \cos V' \sin(\alpha + \alpha' + V) + \delta n \sin V \cos V}{\sin(\alpha + \alpha' + V + V')}. \end{aligned} \right.$$

Soient :

A, A′ (*fig.* 6) les points où les directions des tangentes AT et A′T′ rencontrent le prolongement $O'x$ de OO′;

ε l'angle formé par AT avec le prolongement de aT';
i l'angle formé par aT avec aO';
i' l'angle compris sous aT' et Oa.

La figure donne :

$$\widehat{xAa} = V + \alpha$$

$$\widehat{O'A'a} = V' + \alpha' - 180° \quad \text{d'où} \quad \widehat{xA'a} = 360° - V' - \alpha',$$

par suite

$$(c) \qquad \varepsilon = 360° - (V + \alpha + V' + \alpha'),$$

et

$$\sin(\alpha + \alpha' + V + V') = -\sin\varepsilon.$$

Pour que le contact ait lieu à droite du point a', comme le suppose la figure, il faut évidemment que le point A se trouve entre A' et O'; dans le cas contraire ce serait l'inverse, et il suffirait alors de changer le signe de ε.

Prolongeant Oa en aJ, on a :

$$\alpha + \alpha' + V = O'aJ + OaT = O'aJ + 180° - TaJ = 180° + i,$$

d'où

$$(d) \qquad \sin(\alpha + \alpha' + V) = -\sin i,$$

et l'on trouverait de même :

$$(d') \qquad \sin(\alpha + \alpha' + V') = -\sin i'.$$

Les formules (4) deviennent donc en ayant égard à ces valeurs et remplaçant m par son expression (b) :

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} \delta\alpha &= \frac{\sin i' r \cos V . \delta n - r' \sin V \cos V' . \delta n'}{r \sin\varepsilon}, \\ \delta\alpha' &= \frac{\sin i r' \cos V' . \delta n' - r \sin V' \cos V . \delta n}{r' \sin\varepsilon}. \end{aligned} \right.$$

Ces formules peuvent s'interpréter géométriquement en

remarquant que $-r'\cos r'\delta n'$ est le déplacement éprouvé par le point a de S.

Nous avons ainsi deux relations entre les déplacements angulaires $\delta\alpha$, $\delta\alpha'$ en fonction de δn, $\delta n'$, ou du temps t qui est lui-même une inconnue de la question, il nous faut donc en trouver une troisième que nous obtiendrons en exprimant que les tangentes en m aux deux courbes coïncident.

De la relation

$$(e) \qquad \cot V = \frac{1}{r}\frac{dr}{d\alpha},$$

on tire :

$$\delta V = -\sin^2 V\left[-\frac{dr}{d\alpha}\frac{\delta r}{r^2} + \frac{1}{r}\frac{d^2r}{d\alpha^2}(\delta\alpha - \delta n)\right],$$

pour la variation éprouvée par l'angle V, correspondant à celle $\delta\alpha - \delta n$ de α, lorsque l'on va du point a de ac_1, au point de cette courbe correspondant à sa position $a'c'$. Au moyen des valeurs (a) et (d). cette formule se met facilement sous la forme :

$$(6) \qquad \delta V = \left(\cos^2 V - \frac{\sin^2 V}{r}\frac{d^2r}{d\alpha^2}\right)(\delta\alpha - \delta n).$$

Avant d'aller plus loin, nous allons chercher à interpréter géométriquement l'expression $\frac{1}{r}\frac{d^2r}{d\alpha^2}\sin^2 V$. En désignant par ρ le rayon de courbure de ac_1 en a, et remarquant que $d\,(V+\alpha)$ est l'angle de contingence et $\frac{dr}{\cos V}$ l'élément d'arc, on a :

$$(f) \qquad \frac{1}{\rho} = -\left(\frac{dV}{dr} + \frac{d\alpha}{dr}\right)\cos V = -\left(\frac{dV}{dr}\cos V + \frac{1}{r}\sin V\right).$$

Or, de la formule (e) on tire :

$$-\frac{1}{\sin^2 V}\frac{dV}{dr} = \frac{1}{r}\frac{d^2r}{d\alpha^2}\frac{d\alpha}{dr} - \frac{1}{r^2}\frac{dr}{d\alpha}.$$

d'où

$$-\cos V \frac{dV}{dr} = \frac{1}{r^2}\frac{d^2r}{d\alpha^2}\sin^2 V - \frac{\sin V \cos^2 V}{r},$$

et

$$\frac{r}{\rho} = \frac{1}{r}\frac{d^2r}{d\alpha^2}\sin^3 V - \sin V \cos^2 V,$$

par suite

$$\sin^2 V \frac{d^2r}{d\alpha^2} = \frac{r^2}{\rho \sin V} - r(1 + \cos^2 V),$$

expression que l'on construira géométriquement sans difficulté en remarquant que $\rho \sin V$ est la distance du point a à la projection du centre de courbure correspondant sur Oa, et que $r \cos^2 V$ est la projection de r sur la tangente reprojetée ensuite sur la direction de ce rayon.

Nous aurons donc :

$$(7)\quad \left\{ \begin{aligned} \delta V &= \left(1 + 2\cos^2 V - \frac{r}{\rho \sin V}\right)(\delta\alpha - \delta n), \\ \delta V' &= \left(1 + 2\cos^2 V' - \frac{r'}{\rho' \sin V'}\right)(\delta\alpha' - \delta n'). \end{aligned} \right.$$

L'angle des deux tangentes en m, s'obtiendra en faisant varier V, V', α, α', les variations respectives de ces deux dernières quantités étant respectivement $\delta\alpha - \delta n$, $\delta\alpha' - \delta n'$: On a ainsi :

$$\varepsilon = \delta V + \delta\alpha + \delta V' + \delta\alpha',$$

ou

$$(8)\quad \varepsilon = (\delta\alpha - \delta n)\left[2(1 + \cos^2 V) - \frac{r}{\rho \sin V}\right] + (\delta\alpha' - \delta n')\left[2(1 + \cos^2 V') - \frac{r'}{\rho' \sin V'}\right].$$

On voit ainsi que pour que la collision des corps ait lieu comme on l'a supposé, il faut que l'angle ε soit très-petit, ce qui était visible *à priori*, et l'on pourra alors dans les expressions (5) remplacer $\sin \varepsilon$ par ε, avant de les substituer dans la formule (8). En remplaçant dans le résultat δn, $\delta n'$ par

leurs valeurs, on aura une équation du second degré qui permettra de calculer le temps t. Mais pour éviter une grande complication dans les formules, nous ne résoudrons complétement le problème que dans le cas suivant, le seul qui puisse nous intéresser dans la suite. Nous supposerons que l'angle $O'aO$ est égal à $90°$.

Soient γ, γ' les angles aigus qui forment les directions des tangentes aT, aT' avec la perpendiculaire à Oa au point a menée dans le sens du mouvement de ce rayon. Nous aurons :

$$\alpha+\alpha'=90°, \qquad V=90°+\gamma, \qquad V'=180°-\gamma',$$
$$i'=V-90°=\gamma, \qquad i'=V'-90°=90°-\gamma',$$

par suite en vertu de la formule (c)

$$\varepsilon=\gamma'-\gamma,$$
$$V'=180°-\gamma-\varepsilon,$$
$$i'=90°-\gamma-\varepsilon,$$

en ne conservant que la première puissance de ε. Si on désigne par η l'angle que forme Oa avec OO', ou si l'on pose :

$$\frac{r'}{r}=\text{tang}\,\eta,$$

on trouve, en faisant les substitutions précédentes dans les équations (5) et (6),

$$\delta\alpha-\delta n=-\delta n\cos\gamma\,(\sin\gamma+\varepsilon\cos\gamma)-\delta n'\,\text{tang}\,\eta\cos\gamma\,(-\cos\gamma+\varepsilon\sin\gamma),$$

$$\delta\alpha'-\delta n'=-\delta n'\cos\gamma\,(\sin\gamma+\varepsilon\cos\gamma)+\delta n\cot\eta\sin\gamma\,(-\sin\gamma+\varepsilon\cos\gamma),$$

$$\varepsilon=(\delta\alpha-\delta n)\left[2\,(1+\sin^2\gamma)-\frac{r}{\rho\cos\gamma}\right]+(\delta\alpha'-\delta n')\left[2\,(1+\cos^2\gamma)-\frac{r'}{\rho'\sin\gamma}-\varepsilon\left(4\sin\gamma\cos\gamma-\frac{r'}{\rho'}\frac{\cot\gamma}{\sin\gamma}\right)\right],$$

d'où

$$\varepsilon^2 = \delta n \Big[\sin\gamma\,[-2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma + 2(1+\cos^2\gamma)\sin\gamma\cos\eta + \frac{r}{\rho} - \frac{r'}{\rho'}\cot\eta\Big] + \varepsilon\cos\gamma\Big[-2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma + \frac{r}{\rho} + 2\sin\gamma\cos\eta(-1+3\cos^2\gamma)\Big] + \delta n'\Big[-\cos\gamma\,[-2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma\tang\eta + 2(1+\cos^2\gamma)\sin\gamma - \frac{r}{\rho}\tang\eta - \frac{r'}{\rho'}\Big] - \varepsilon\Big[2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma\tang\eta - \frac{r}{\rho}\tang\eta + 2\cos^2\gamma\,(3\cos^2\gamma - 1)\Big].$$

et en supposant $\delta n = \frac{\varphi t^2}{2}$, $\delta n' = \omega' t$, on aura une équation du second degré qui donnera pour t deux valeurs qui devront être réelles et dont l'une au moins devra être positive pour que les choses aient lieu comme nous l'avons supposé. Dans le cas où les deux racines seraient positives, elles correspondront respectivement à deux rencontres à droite et à gauche du point a sur la courbe ab et l'on devra prendre la plus petite de ces racines, puisque le premier choc empêchera naturellement que le second ait lieu.

Mais si du côté de a, où le premier choc devrait avoir lieu, on supprime la courbe de manière à le rendre impossible, le second se produira et c'est l'autre racine qui devra être prise.

Ce qu'il nous importe le plus de connaître, c'est moins la position du point m que le rapport des composantes des vitesses en ce point estimées suivant la normale. Pour déterminer ce rapport, remarquons que l'équation ci-dessus peut se mettre sous la forme :

$$\varphi\, t^2 \sin\gamma\, A - 2B\omega'\cos\gamma \,.\, t = 2\varepsilon^2.$$

A et B étant des fonctions connues de γ, ε, $\frac{r}{\rho}$, $\frac{r'}{\rho'}$.

On déduit de là

$$t = \frac{B\omega' \cos \pm \gamma \sqrt{B^2 \omega^2 \cos^2 \gamma + 2\varphi A \sin \gamma \varepsilon^2}}{\varphi A \sin \gamma},$$

d'où l'on tire pour le rapport cherché :

$$(10) \quad \frac{\varphi t \sin \gamma}{\omega' \cos \gamma \operatorname{tang} \eta} = \frac{B \pm \sqrt{B^2 + \frac{2\varphi}{\omega'^2} A \frac{\sin \gamma}{\cos^2 \gamma} \varepsilon^2},}{A},$$

expression dont la valeur est finie et facile à calculer en choisissant le signe du radical ainsi qu'on l'a dit plus haut.

On voit ainsi que le rapport des vitesses normales au moment du choc ne dépend que du rapport de l'accélération angulaire du corps primitivement en repos, au quarré de la vitesse angulaire de l'autre, et de la forme et de la position relative de ces deux corps. — Dans le cas où les rotations des deux corps auraient lieu dans le même sens, de la gauche vers la droite, il suffirait de changer dans les formules précédentes le signe de δn ou de φ et de plus celui de ε, si l'on s'imposait la condition que le contact eût lieu à gauche du point a.

10. *Cas particulier.* — 1° *La partie du corps choquant qui vient heurter le corps choqué est une pointe aiguë.* — Cette hypothèse revient à supposer que la courbe ac se réduit au point qui termine le rayon Oa. Dans les formules (2) on devra supposer $\delta r = o, \delta\alpha = \delta n$, et en ayant égard à la valeur (a') on trouve :

$$r'\delta\alpha' \cos (V' + \alpha') - r' \cos V' \cos \alpha' \delta n' - r \sin \alpha \sin V' \delta n = o,$$

$$r'\delta\alpha \sin (V' + \alpha') - r \cos V' \sin \alpha' \delta n' - r \cos \alpha \sin V' \delta n = o,$$

d'où par l'élimination de $\delta\alpha'$

$$(11) \quad r' \cos V' \delta n' = r\delta n \cos (V' + \alpha' + \alpha') = - r\delta n \cos i,$$

et enfin

$$t = -\frac{2r'}{r}\omega'\frac{\cos V'}{\cos i'}. \tag{12}$$

Si les deux rayons Oa, $O'a$ sont perpendiculaires entre eux, on a, en appelant γ' l'inclinaison de la tangente au point de contact sur $O'a$, $V' = 180° - \gamma'$, $i' = 90° - \gamma'$, et, par suite, pour le rapport des composantes normales de la vitesse au point de contact,

$$\frac{r\varphi t \sin\gamma'}{r'\omega'\cos\gamma'} = 2, \tag{13}$$

résultat remarquable qui est indépendant de la forme de la surface du corps S'.

11. 2° *La partie du corps choqué qui vient en contact avec le corps choquant est une pointe aiguë.* — Pour obtenir la formule équivalente à l'équation (11), il suffit de changer l'accentuation des lettres qu'elle renferme, ce qui donne :

$$r\cos V\delta n = -r'\delta n'\cos i,$$

d'où

$$t = -\frac{r'}{r}\frac{\omega'}{\varphi}\frac{\cos i}{\cos V}, \tag{14}$$

et enfin, dans le cas où l'angle $O'aO$ est droit, on obtient également comme tout à l'heure pour le rapport des composantes normales des vitesses au point de contact :

$$\frac{r\varphi t\sin\gamma}{\omega' r'\cos\gamma} = 2. \tag{15}$$

12. Revenons au cas général. Si nous négligeons dans les coefficients de δn $\delta n'$ les termes en ε, et si nous supposons que les rayons de courbure soient assez grands pour que on puisse négliger les rapports $\frac{r}{\rho}$, $\frac{r'}{\rho'}$ devant l'unité, on a

$$\left[\delta n \frac{\sin\gamma}{\tang\eta} - \delta n' \cos\gamma\right] \left[2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma \tang\eta + 2(1+ \right.$$
$$\left. + \cos^2\gamma)\sin\gamma\right] = \varepsilon^2,$$

$$\frac{\varphi t \sin\gamma}{\omega' \cos\gamma \tang\eta} = 2 + \frac{2\varepsilon^2}{[2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma \tang\eta + 2(1+\cos^2\gamma)\cos\gamma] t}.$$

Si l'on remplace dans le deuxième membre t par

$$t = \frac{2\omega' \cos\gamma \tang\eta}{\varphi \sin\gamma},$$

valeur résultant d'une première approximation, on trouve :

$$\frac{\varphi t \sin\gamma}{\omega \cos\gamma \tang\eta} = 2 + \frac{2\varepsilon^2 \varphi \sin\gamma}{\omega' \cos\gamma \tang\eta [2(1+\sin^2\gamma)\cos\gamma \tang\eta + 2(1+\cos^2\gamma)\sin\gamma]}$$

Mais il nous sera plus simple de prendre tout simplement et approximativement

$$\frac{\varphi t \sin\gamma}{\omega' \cos\gamma \cot\eta} = 2.$$

comme dans les cas particuliers étudiés plus haut.

§ II. — ÉCHAPPEMENT A ANCRE.

13. Cette dénomination est due à la forme, se rapprochant de celle d'une ancre marine, qu'affecte la pièce oscillante qui arrête et laisse échapper successivement les dents de la roue d'échappement. Il existe, pour les chronomètres fixes et portatifs, plusieurs variétés d'échappements à ancre. Nous nous bornerons à en indiquer les principaux types.

Échappements en pendules.

14. 1° *Échappements à repos.* — Soient (*fig* 7) ;

O l'axe de rotation de la roue d'échappement dont les

dents sont pointues, et qui est censée se mouvoir de la gauche vers la droite ;

O' celui de l'ancre ;

b, *a'* deux points de la circonférence décrite par les extrémités des dents, pris à égale distance et de part et d'autre de l'un des points de contact et des tangentes menées du point O à cette circonférence.

L'arc *a' b* est assez petit pour que l'on puisse le considérer comme se confondant avec la tangente en α.

Du point O' comme centre, décrivons deux circonférences qui passent par les points *b* et *a'* ; elles rencontrent la circonférence O en deux autres points *c* et *d'* équidistants du point de contact de la seconde tangente menée du point O' à la circonférence O. Joignons O'*b*, O'*c* ; faisons les angles *b*O'*a* au-dessus de O'*b* et *c*O'*d* au-dessous de O'*c* égaux à l'angle de levée qui ordinairement diffère peu de 5°.

Les points *a* et *d* se trouvent sur la circonférence extérieure, et les points *b* et *c* sur la circonférence intérieure. Les lèvres de l'échappement sont formées par les droites *ab* et *cd*. Deux circonférences de centre O achèvent de déterminer complétement le profil *baefdc* de l'ancre.

La fourchette, qui établit, entre l'échappement et le balancier, la relation voulue, est une tige légère fixée d'une part à l'arbre de l'ancre et portant à son autre extrémité une pièce fendue dans laquelle s'engage sans jeu ni frottement la tige du balancier.

La *fig* 7 représente la position qu'occupe l'ancre lorsque le balancier, arrivé dans sa position naturelle ou verticale est sur le point de commencer sa demi-oscillation ascendante de droite ; la dent dont la pointe est en *c*, arrêtée en ce point, se dégage, puis vient frapper la lèvre, en communiquant une impulsion à l'ancre, par suite au balancier ; elle exerce ensuite une pression sur cette lèvre et se dégagé en *d* ; tout le corps de rouages se meut alors librement sous l'action de la force motrice, mais pour un très-petit dépla-

cement angulaire de la roue O, limité par la rencontre de la dent a_1 qui précède a, avec le repos ac sur lequel elle s'appuie pendant tout le temps que s'achève la demi-oscillation ascendante. Lorsqu'a lieu la demi-oscillation descendante suivante, le repos ac glisse sur la pointe a_1 ; bientôt a et a_1 coïncident; puis la dent a se dégage, vient frapper ab, etc.

Soient :

r' le rayon aO' de la circonférence intérieure de l'ancre;

λ l'angle de levée supposé très-petit ;

e l'épaisseur de l'ancre ;

γ'_1, γ' les inclinaisons des lèvres d'entrée ab et de sortie cd sur les rayons $O'a$ et $O'd$.

On voit facilement que

$$\text{tang}\,\gamma_1' = \lambda\frac{r'+e}{e},$$

$$\text{tang}\,\gamma' = \frac{\lambda r'}{e}.$$

Soient par exemple $\frac{e'}{r'} = \frac{22}{81}$, $\lambda = 5°$ ou plutôt

$$\lambda = 5°\frac{\pi}{180} = 0{,}0873;$$

On a :

$$\text{tang}\,\gamma'_1 = 0{,}643, \quad \text{d'où} \quad \gamma_1' = 32°,30'';$$
$$\text{tang}\,\gamma' = 0{,}468, \quad \text{d'où} \quad \gamma' = 25°,50''.$$

Cherchons maintenant à voir quelle peut être l'influence de l'échappement sur l'isochronisme du régulateur. Nous examinerons, comme si elle existait seule, chacune des causes qui peut apporter une perturbation dans la loi du mouvement du pendule.

15. En premier lieu occupons-nous du choc ou de la chute.

La vitesse angulaire du pendule et de l'échappement peut, à peu de chose près, être considérée comme étant la même au moment où le choc a lieu que lorsque la levée

commence, puisqu'à ce dernier instant, elle atteint son maximum, et que pendant la chute, l'angle décrit par l'échappement est très-petit.

Reportons-nous au n° 9 et à la formule (13) qui est applicable au cas actuel, en introduisant toutefois quelques variantes dans les notations.

Soient $\omega_0 = \varphi t$, ω'_0, les vitesses angulaires de la roue et de l'ancre, au moment où le choc a lieu ; r le rayon de la circonférence formée par les extrémités des dents.

On peut, sans erreur sensible, supposer que le point de la lèvre où le choc a lieu, se trouve à la même distance du point O′ que son extrémité intérieure ou extérieure, selon qu'il s'agit de la lèvre d'entrée ou de sortie. Considérons le premier cas, le second pouvant s'en déduire en changeant r' en $r' + e$ et en attribuant une autre valeur à l'angle γ'. La formule précitée donne :

$$\frac{\omega_0}{\omega'_0} = 2\frac{r'}{r}\cot\gamma'. \tag{1}$$

Les déplacements angulaires, que nous avons supposés très-petits pendant la chute, sont respectivement pour l'échappement et la roue :

$$\delta n' = \omega'_0 t = \frac{2r'}{r}\cot\gamma'\,\frac{\omega_0^2}{\varphi},$$

$$\delta n = \frac{\varphi t^2}{2} = \frac{2r'^2}{r^2}\cot^2\gamma'\,\frac{\omega_0^2}{\varphi},$$

d'où

$$\frac{\delta n}{\delta n'} = \frac{r'}{r}\cot\gamma'.$$

En désignant par α' l'angle OO′C et par α', l'angle que forme O′C, avec le rayon qui joint O′ au point de la lèvre où le choc a lieu, on a,

$$\delta\alpha' = \frac{2r'}{r}\,\frac{(\cot\gamma' - 1)}{1 + \operatorname{tang}\alpha'\,\operatorname{tang}\gamma'} \times \frac{\omega_0'^2}{\varphi}.$$

Pour que le choc ait lieu, il faut que $\delta\alpha'$ soit au plus égal à l'angle de levée λ. A la limite on aura donc :

$$\frac{2r'}{r}\frac{\omega_0^2}{\varphi} = \lambda\frac{1 + \operatorname{tang}\alpha' \operatorname{tang}\gamma'}{\cot\gamma' - 1},$$

et pour la valeur correspondante de $\delta n'$,

$$\delta n' = \lambda\frac{1 + \operatorname{tang}\alpha' \operatorname{tang}\gamma'}{\cot\gamma' - 1}.$$

Dans le cas particulier examiné plus haut où

$$\gamma' = 25^\circ 50'' \quad \text{d'où} \quad \operatorname{tang}\gamma' = 0{,}468,$$
$$\alpha' = 60^\circ \quad \operatorname{tang}\alpha' = 0{,}577,$$

on a de plus :

$$\frac{r'}{r} = \frac{35}{62},$$

par suite

$$\frac{\delta n'}{\lambda} = 1{,}12.$$

Comme nous avons supposé plus haut $\lambda = 5^\circ$, on a :

$$\delta n' = 5^\circ{,}36'',$$

et, comme conséquence,

$$\delta n = 5^\circ{,}40'',$$

angles qui sont assez petits pour que l'approximation adoptée soit permise.

16. Soient maintenant :

ω_1, ω'_1 les vitesses angulaires après le choc de la roue d'échappement et de l'échappement ;

I' le moment d'inertie par rapport à O', du système formé par l'échappement et le régulateur, et I celui par rapport à O que l'on doit attribuer à la roue d'échappe-

ment pour qu'il soit permis de faire abstraction du corps de rouages.

L'échappement ayant lieu à la tangente, on voit facilement que l'on a pour les distance de

O à la normale à la lèvre.		$p = r \sin\gamma'$,
O'	— —	$p' = r' \cos\gamma'$,
O à la direction de la lèvre.		$q = r \cos\gamma'$,
O'	— —	$q' = r' \sin\gamma'$.

La formule (8) du troisième lemme dont nous conservons les notations, en transposant toutefois les accents, donne, en conservant les corps comme complétement dénués d'élasticité ($\varepsilon = 1$) :

$$\omega'_1 - \omega'_0 = \frac{\omega_0 r \sin\gamma' - \omega'_0 r' \cos\gamma' (^*)}{r' \cos\gamma' \left(1 + \frac{I'}{I} \frac{r^2}{r'^2} \operatorname{tang}^2\gamma'\right)} \times$$

$$\times \left[1 - f \operatorname{tang}\gamma' + \frac{f}{2} \frac{\operatorname{tang}\gamma' + \frac{I'}{I}\frac{r}{r'} \operatorname{tang}\gamma' - \frac{4.I}{I'} \frac{r^2}{r'^2} \frac{\cos 2\gamma'}{\cos\gamma'}}{1 + \frac{I'}{I} \frac{r^2}{r'^2} \operatorname{tang}^2\gamma'}\right]$$

Mais, en vertu de l'équation (1), on a :

$$\omega_0 r_0 \sin\gamma' = 2\omega'_0 r' \cos\gamma',$$

par suite

(*) Il serait plus exact de remplacer ω'_0 par $\omega'_0 + \delta\omega'_0$, l'accroissement $\delta\omega'_0$ étant calculé au moyen de l'équation des forces vives qui donne

$$I'\omega'_0 \delta\omega_0' = -\frac{u'\delta' u^2}{2} - h'(\omega'_0 + \eta')\delta u',$$

formule dans laquelle $m\delta u'$ désigne le moment du poids du balancier par rapport à O', h' et η' des coefficients très-petits relatifs à la résistance de l'air et aux frottements sur les appuis.

$$\omega_{01} = \omega'_0 \left\{ 1 + \frac{1}{1 + \frac{I'}{I}\frac{r^2}{r'^2}\tang^2\gamma'} \left[1 - f\tang\gamma' + \frac{f}{2}\left(\tang\gamma' - \frac{Ir'}{Ir'}\tang\gamma' - \frac{4\frac{I'}{I}\frac{r^2}{r'^2}\frac{\cos 2\gamma'}{\cos\gamma'}}{1 + \frac{I'}{I}\frac{r^2}{r'^2}\tang^2\gamma'} \right) \right] \right\}.$$

Comme le rapport $\frac{I'}{I}$ a une valeur très-notable, à plus forte raison, lorsqu'il est multiplié par $\frac{r^2}{r'^2}$, on voit que l'on pourra poser comme dans un précédent mémoire :

$$\omega'_1 = \omega'_0 (1 + \varepsilon),$$

ε étant une quantité assez petite pour que l'on puisse en négliger les puissances supérieures à la première, et qui n'a pas une influence sensible sur l'isochronisme du pendule ainsi que nous l'avons demandée dans le mémoire précité.

Cherchons maintenant à nous rendre compte de l'influence que peut avoir, sur l'isochronisme, la pression continue exercée sur les lèvres de l'échappement par les dents de la roue qui se succèdent.

Pour simplifier, nous négligerons le frottement, et cela avec d'autant plus de raison qu'il n'est environ que d'un dixième de la pression normale, et que, d'après le tracé adopté en général, son bras de levier par rapport à O' est inférieur à celui de cette pression.

Nous rendrons plus claire l'analyse suivante, en résumant les notations qui précèdent, et auxquelles nous ferons d'ailleurs subir quelques modifications. Soient (*fig.* 8) :

O' et O les axes de l'échappement et de sa roue ;

m le point de contact d'une dent et de la lèvre de sortie ;

a la naissance intérieure de cette lèvre ;

γ' l'angle aigu formé par ma avec $O'a$;

$$r' = O'm = O'a; \quad r'_0 = O'a; \quad \psi'_0 = \widehat{OO'a};$$
$$\widehat{mO'a} = \psi'; \quad r = Om; \quad \widehat{O'Om} = \theta; \quad OO' = a;$$

I' le moment d'inertie du régulateur et de l'échappement par rapport à O', et I celui par rapport à O que l'on doit attribuer à la roue d'échappement pour que l'on puisse faire abstraction du corps de rouages ;

N, N' les pressions normales et contraires exercées par la lèvre sur la dent et inversement;

n le pied de la perpendiculaire abaissée de m sur OO'.

Nous désignerons par l'indice o, toutes les quantités qui se rapportent à la fin du choc, c'est-à-dire au moment où la dent considérée exerce une action continue sur la lèvre.

Soient de plus $m'(\psi' - \psi'_0)$ le moment du poids du pendule par rapport à O', en négligeant ainsi l'angle de la chute, et m le moment moteur par rapport à O dû à l'action de la force motrice.

Nous aurons ainsi, en remarquant que m variant relativement avec une grande lenteur peut être considéré comme constant pour une période assez longue,

$$(1) \quad \frac{I'(\omega'^2 - \omega_0'^2) + I(\omega^2 - \omega_0^2)}{2} = -m' \int_{\psi'_0}^{\psi'} (\psi' - \psi'_0)\, d\psi' +$$
$$+ m(\theta - \theta_0) = -\frac{m'}{2}(\psi' - \psi'_0)^2 + m(\theta - \theta_0).$$

L'équation polaire du profil de la lèvre est

$$(2) \quad r' = \frac{r'_0 \sin \gamma'}{\sin(\gamma' - \theta')},$$

et en égalant deux expressions de mn, puis exprimant que la somme des projections de $O'm$ et Om sur OO' est égale à a, on obtient les relations :

$$(3)\qquad \begin{aligned} r'\sin(\psi'-\theta') &= r\sin\theta,\\ r'\cos(\psi'-\theta')+r\cos\theta &= a. \end{aligned}$$

D'autre part, on a :

$$\widehat{NmO}=\widehat{O'mO}-\widehat{O'mN}=\widehat{O'mO}-(90^\circ-\gamma'+\theta'),$$
$$=90^\circ-\theta-\psi'+\gamma'.$$

Si l'on exprime que les composantes normales des vitesses en m sont égales pour la roue et l'échappement, on trouve :

$$(4)\qquad \omega' r'\sin(\gamma'-\theta')=\omega r\cos(\theta+\psi'-\gamma').$$

Cette relation peut se déduire par la différentiation des équations (3), qui expriment bien que le contact a lieu entre les systèmes O et O', et qui, eu égard à la formule (2), est équivalente à la suivante qui subsiste également, lorsque l'on affecte de l'indice o les quantités qui en sont susceptibles :

$$(4')\qquad \omega' r_0\sin\gamma'=\omega r\cos(\theta+\psi-\gamma').$$

L'équation (1) devient ainsi par l'élimination ω et ω_0 :

$$(5)\quad \frac{\omega'^2}{2}\left[I'+\frac{Ir'^2_0\sin^2\gamma'}{r^2\cos^2(\theta+\psi'-\gamma')}\right]-\frac{\omega'^2_0}{2}\left[I'+\frac{Ir_0^2\sin^2\gamma'}{r^2\cos(\theta_0+\psi_0-\gamma')}\right]$$
$$=-\frac{m'}{2}(\psi'-\psi'_0)^2+m(\theta-\theta_0).$$

Il s'agit maintenant d'exprimer ω' en fonction de ψ' seulement, en éliminant entre cette équation et les formules (2) et (3), les quantités r' et θ'. Ce calcul, qui dans toute sa généralité présente des difficultés insurmontables, se simplifie considérablement, si l'on remarque que les angles θ', $\psi'-\psi'_0=\delta\psi$, $\theta-\theta_0=\delta\theta$ sont toujours assez petits pour que l'on puisse, sans grande erreur, en négliger les puis-

sances supérieures à la première. On a ainsi, en se rappelant que $\psi'_0 + \theta'_0 = 90°$:

$$(6)\quad \begin{cases} \sin\psi' = \cos\theta_0 + \sin\theta_0\delta\psi', \\ \cos\psi' = \sin\theta_0 - \cos\theta_0\delta\psi', \\ \sin\theta = \sin\theta_0 + \cos\theta_0\delta\theta', \\ \cos\theta = \cos\theta_0 - \sin\theta_0\delta\theta, \\ \sin\theta' = \theta', \qquad \cos\theta' = 1. \end{cases}$$

$$(7)\quad r' = r'_0(1 + \theta'\cot\gamma').$$

Les équations (3) deviennent par suite :

$$r_0 \sin\theta_0\delta\psi' - r\cos\theta_0\delta\theta = -r'_0(\cot\gamma'\cos\theta_0 - \sin\theta_0)\theta',$$
$$r'_0\cos\theta_0\delta\psi' + r\sin\theta_0\delta\theta = \quad r'_0(\cot\gamma'\sin\theta_0 + \cos\theta_0)\theta',$$

d'où

$$(8)\quad \delta\psi' = \theta' \qquad \delta\theta = \frac{r'_0\cot\gamma'}{r}\delta\psi'.$$

Enfin on voit facilement que

$$\cos(\theta + \psi' - \varepsilon) = -\cos\gamma'(\delta\theta + \delta\psi') + \sin\gamma',$$
$$= \sin\gamma' - \sin\gamma'\left(1 + \frac{r'_0}{r}\cot\gamma'\right)\delta\psi'.$$

Mais, en ce qui concerne le premier membre de l'équation (5), on pourra toujours négliger sans grande erreur le terme en $\delta\psi'$ et par suite écrire :

$$\frac{(\omega'^2 - \omega'^2_0)}{2}\left(I' + I\frac{r'^2_0}{r^2}\right) = -\frac{m'}{2}(\psi' - \psi'_0)^2 + m\delta\theta,$$

d'où différentiant

$$\left(I' + I\frac{r'^2_0}{r^2}\right)\frac{d^2\psi'}{dt^2} = -m'(\psi' - \psi'_0) + m\frac{d\delta\theta}{d\psi'},$$

ou encore, en vertu de la seconde des formules (8),

$$\left(I' + I\frac{r'^2_0}{r^2}\right)\frac{d^2\psi'}{dt^2} = -m'(\psi' - \psi'_0) + m\frac{r'_0}{r}\cot\gamma',$$

Nous pourrons mettre cette équation sous la forme :

$$(9) \qquad \frac{d^2\psi'}{dt^2} = -K'^2(\psi' - \psi'_0 - \beta'),$$

en posant :

$$\frac{m'}{I' + I\frac{r'^2_0}{r^2}} = K'^2, \qquad \beta' = m\frac{r'_0}{r}\cot\gamma'.$$

Comme nous analysons séparément, ainsi que nous l'avons dit plus haut, les effets des causes perturbatrices, nous ferons abstraction de la chute, et l'équation (9) donne alors :

$$\psi' - \psi'_0 - \beta' = A \sin K't - \beta' \cos K't,$$

le temps t étant compté à partir du moment où le pendule est dans la verticale, et A étant une constante qui ne dépend que de la vitesse angulaire maximum du pendule.

Soient t et ψ'_1, les valeurs de t et ψ' correspondant au moment où le dégagement a lieu entre l'échappement et la roue. On a :

$$(10) \qquad \psi'_1 - \psi'_0 - \beta' = A \sin K't_1 - \beta' \cos K't_1.$$

En ne conservant que la première puissance de $K't_1$ qui est très-petite, il vient :

$$(11) \qquad \begin{cases} \psi'_1 - \psi'_0 = AK't_1, \\ \left(\dfrac{d\psi'_1}{dt}\right)_1 = AK' + \beta'K'^2t_1. \end{cases}$$

Si nous posons maintenant :

$$K^2 = \frac{m'}{I'},$$

nous aurons, pour l'arc complémentaire, et en négligeant la résistance de l'air,

$$\frac{d^2\psi'}{dt^2} = -K^2(\psi' - \psi'_0 + \beta),$$

β étant un terme proportionnel à l'énergie de la force motrice, et qui représente l'influence des frottements dus à la pression de la roue sur le repos; d'où

$$(12) \qquad \psi' - \psi'_0 + \beta = A' \sin Kt + B' \cos Kt.$$

Mais les formules (11) et (12) doivent donner pour ψ' et $\frac{d\psi'}{dt}$ les mêmes valeurs, lorsque l'on suppose $t = t_1$, ce qui donne les relations :

$$A'Kt_1 = B' - \beta + A'Kt_1,$$
$$AK' + \beta'K'^2t_1 = A'K - \beta B'K^2t_1,$$

d'où

$$B' = \frac{\beta - \beta'K'^2t_1^2}{1 + K^2t_1^2} = \beta - \frac{B'}{A^2}\delta\psi'^2_1,$$
$$A' = \frac{AK'}{K} + \beta K^2 + \beta'(1 - K^2)\frac{\delta\psi'_1}{A}.$$

Nous avons conservé, contrairement à ce que nous avons fait jusqu'ici, le terme en $\delta\psi'^2$ dans B', mais c'est à cause du coefficient β' qui le multiplie, et qui étant proportionnel à m, a relativement une valeur assez grande. Il vient par suite pour l'angle complémentaire,

$$\psi' - \psi'_0 + \beta = \left(\frac{AK'}{K} + \beta K^2 + \frac{\beta'(1 - K^2)}{A}\delta\psi'^2_1\right)\sin Kt +$$
$$+ \left(\beta - \frac{\beta'}{A^2}\delta\psi'^2_1\right)\cos Kt,$$

et l'on trouve aux termes du second ordre près en β, et du quatrième en $\delta\psi'_1$ par la durée de la demi-oscillation ascendante considérée :

$$t = \frac{\pi}{2K}\left(1 + \frac{\frac{\beta'}{A^2}\delta\psi_1^2 - \beta}{A\frac{K'}{K}}\right).$$

Dans cette expression on peut calculer A comme s'il n'y avait pas de cause perturbatrice, ce qui revient à supposer que cette quantité représente la demi-amplitude.

Pour la demi-oscillation descendante suivante, il faudra changer le signe de β, de sorte que le terme n'ayant aucune influence sur la durée T d'une demi-oscillation complète, on peut en faire abstraction, et l'on a :

$$T=\frac{\pi}{K}\left(1+\frac{\beta'}{A^3}\frac{K}{K'}\partial\psi'\right).$$

Ainsi l'action continue de la force motrice sur l'échappement a pour effet d'augmenter la durée des oscillations d'une quantité proportionnelle à l'intensité de la force motrice, au quarré de l'angle correspondant au contact entre l'échappement et sa roue, et inversement proportionnelle au cube de la demi-amplitude, ce qui constitue une cause d'irrégularité dans la marche du pendule du commencement à la fin de la période d'un remontage.

17. Pour compléter la théorie de l'échappement à ancre il faudrait déterminer les pertes de travail moteur dues au choc et au frottement résultant de l'action de la roue sur l'échappement : la première de ces pertes de travail se calculera facilement en vertu du principe de Carnot, en ayant égard aux résultats obtenus ci-dessus. Quant à la seconde on l'estimera approximativement en partant de l'expression de la pression normale N calculée d'après la formule

$$I'\frac{d\omega'}{dt}=Np',$$

c'est-à-dire comme si le frottement était nul, la valeur de ω′ étant fournie par l'équation de forces vives telle qu'on l'a établie plus haut ; mais comme on n'a aucune donnée précise sur les limites entre lesquelles peut varier le rap-

port $\frac{I'}{I}$, et que l'on ne peut par suite, même approximativement, arriver à estimer numériquement la fraction de travail moteur qui est absorbée, la recherche dont il s'agit n'offre aucun intérêt, et c'est pourquoi nous ne nous y arrêterons pas.

18. Les calculs qui précèdent s'appliquent moyennant quelques modifications à l'échappement de Graham dans lequel les repos se trouvent sur une même circonférence, passant par le centre de la roue d'échappement. Mais comme cet échappement est exclusivement appliqué aux horloges dont la force motrice est constante, il n'y a aucun intérêt à en étudier le jeu au point de vue mécanique.

19. 2° *Échappement à recul de Berthout.*—Donner à l'échappement à ancre des pendule une forme telle que l'influence des causes perturbatrices sur l'isochronisme, soit sinon détruite, du moins notablement atténuée, tel est le problème que Berthout paraît s'être proposé de résoudre par l'expérience. A cet effet il remplace les repos par les *reculs*, c'est-à-dire par des arcs de cercle excentriques à l'échappement, tracés de telle manière qu'ils déterminent dans le corps de rouages un déplacement rétrograde, plus ou moins sensible. La construction à laquelle Berthout est conduit est la suivante :

Traçons en pointillé les repos auxquels on doit substituer les reculs ; à partir de l'extrémité n° o de chacun d'eux, portons trois ouvertures de compas successives (o,1), (1,2), (2,3) égales à l'épaisseur *e* de l'ancre mesurée, suivant le rayon qui joint le centre O' au point n° o. Au delà ou en deçà du point n° 3, selon qu'il s'agit de l'entrée et de la sortie, portons sur le rayon (O',3) une longueur égale à *e*. Nous obtiendrons ainsi deux points n° 4, par chacun desquels, et par le point correspondant n° o, nous ferons passer un arc de cercle d'un rayon égal à celui du repos ; et le tracé des reculs se trouvera effectué ; la seule

condition imposée à ce tracé est d'avoir un angle de levée égal à 5°.

Il est évident *à priori* que la règle ci-dessus est trop absolue pour qu'elle soit fructueusement applicable à tous les cas. Mais quoique Berthout ne s'explique pas sur les causes perturbatrices qu'il a en vue de faire disparaître, il semble qu'il a principalement pour objet de créer sur le balancier, par le recul, un moment de sens contraire à celui qui est produit par l'action continue exercée par la roue sur les lèvres de manière à en éliminer l'effet, en même temps de compenser le défaut d'isochronisme résultant d'un trop grand écart du pendule.

La question ainsi posée pourrait se résoudre par l'analyse, en déterminant la forme qu'il convient de donner aux reculs pour qu'ils satisfassent aux conditions exigées. On n'aurait pour cela qu'à suivre une marche analogue à celle du n° 17; mais comme nous n'avons pas ici d'angles qu'il soit permis de considérer comme très-petits, on serait arrêté par l'élimination des angles auxiliaires que l'on est obligé de faire entrer dans les formules. Je ne pense pas que le sujet dont il s'agit comporte, par son importance, un semblable travail.

20. *Échappements libres des montres.* — Les échappements à ancre des montres offrent la plus grande analogie avec ceux des pendules. La seule différence essentielle consiste en ce que la fourchette se trouve naturellement dans le même plan que l'ancre. On s'arrange de manière que le centre de gravité se trouve sur l'axe de rotation.

La longue branche de la fourchette est terminée par deux cornes, à la naissance desquelles est ménagée une encoche destinée à recevoir un doigt fixé à un plateau faisant corps avec l'arbre du balancier, lorsque ce dernier se trouve dans sa position moyenne. Dès que la chute a eu lieu, le doigt reçoit par contre-coup une impulsion, se dégage presque instantanément de la fourchette, et le balancier, soustrait à

l'action de la force motrice, continue sa demi-oscillation en étant uniquement sollicité par le spiral. A la fin de la demi-oscillation suivante, le doigt s'engage de nouveau dans l'encoche, entraîne avec lui la fourchette qui reçoit une nouvelle impulsion et ainsi de suite.

Les dents de la roue d'échappement sont pointues, ou ont la forme indiquée par les *fig.* 10 et 10 *bis*, empruntées à M. Saunier et qui représentent les dispositions le plus fréquemment adoptées.

Deux goupilles limitent latéralement la course de la fourchette. Il y a aussi le coin de renversement et d'autres détails dans lesquels nous ne croyons pas devoir entrer.

Chaque repos est remplacé par un recul rectiligne qui a pour objet de donner de la stabilité à l'ancre, c'est-à-dire de lui permettre de ne pas se déplacer sous l'influence de certaines secousses, par suite de l'obliquité de l'action de la roue sur les plans inclinés ainsi déterminés; c'est ce qui donne lieu à ce que les horlogers appellent le *tirage*.

La vitesse angulaire du balancier après le choc se calculera d'après les considérations exposées au n° 8 et en se reportant à ce qui précède, on doit considérer la théorie de l'échappement comme complète.

21. Il ne nous reste plus qu'à nous occuper du tirage. Pour qu'il fût le même à l'entrée et à la sortie, il suffirait que les inclinaisons des reculs sur les rayons de la roue à la tangente fussent égales. Mais on peut se demander quelle est la relation qui doit exister entre ces deux inclinaisons pour que le recul soit le même de part et d'autre, en prenant, pour la plus faible, une valeur reconnue suffisante par la pratique.

Soient (*fig.* 11) :

a, a' les naissances des reculs de sortie et d'entrée;

ab, $a'b'$ leur partie utile correspondant à l'angle au centre $\alpha = \widehat{bO'a} = \widehat{b'O'a'}$;

i, i' les inclinaisons respectives de ab, $a'b'$ sur les rayons correspondants de la roue, Oa, Oa' prolongés en conséquence;

ε l'angle de recul $\widehat{aOb} = \widehat{a'Ob'}$;

$$r = Oa = Oa', \qquad r' = O'a = O'a'.$$

Les triangles $aO'b$, aOb donnent :

$$ab = \frac{r' \sin \alpha}{\cos(i + \alpha)}; \quad ab = \frac{r \sin \varepsilon}{\sin(\varepsilon + 180° - i)} = \frac{r \sin \varepsilon}{\sin(i - \varepsilon)},$$

d'où, en égalant ces valeurs et faisant quelques réductions simples :

$$\operatorname{tang} \varepsilon = \frac{\frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha \operatorname{tang} i}{1 - \operatorname{tang} \alpha \operatorname{tang} i - \frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha}.$$

On trouve de la même manière :

$$a'b' = \frac{r' \sin \alpha}{\cos(i' - \alpha)}, \qquad a'b' = \frac{r \sin \varepsilon}{\sin(i' - \varepsilon)},$$

$$\operatorname{tang} \varepsilon = \frac{\frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha \operatorname{tang} i'}{1 - \frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \alpha \operatorname{tang} i'}.$$

En égalant les deux expressions de tang ε, on arrive à

$$\operatorname{tang} i' = \operatorname{tang} i \frac{1 - \frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha}{1 + \frac{r'}{r} \operatorname{tang} \alpha}.$$

Appliquons cette formule au type suivant emprunté à l'ouvrage de M. Martens :

$\frac{r'}{r}=\frac{35}{62}$, $i=12°$, $\alpha=6°$, d'où $\tang i=0,213$, $\tang\alpha=0,105$,

on trouve :

$$\tang \varepsilon = 0,0126,$$
$$\tang i' = 0,892 \tang i = 0,190,$$

d'où

$$i' = 11° \quad \text{et} \quad \varepsilon = 40'.$$

L'angle de tirage devrait donc être plus faible à l'entrée qu'à la sortie. Or c'est précisément l'inverse qui a lieu (généralement 15° à l'entrée et 12° à la sortie). Mais je n'ai pu saisir le sens du singulier raisonnement sur lequel on a établi cette règle pratique, due, dit-on, à des horlogers suisses.

Quant au moment résistant sur l'ancre résultant de la pression exercée par la roue d'échappement et du frottement qu'elle développe, il est trop facile de le calculer pour que nous ayons à nous y arrêter.

§ III. — Échappement à cylindre.

22. Cet échappement qui est le plus généralement adopté pour les montres, n'est au fond que l'échappement à repos des pendules dont il dérive par suite des modifications suivantes :

1° La traverse de l'ancre est remplacée par les surfaces des repos prolongés en conséquence. Il résulte de là une portion de cylindre annulaire à laquelle on a donné le nom d'*écorce*.

2° L'écorce est montée directement sur l'arbre du balancier, dont l'axe coïncide avec celui des surfaces cylindriques, ce qui supprime la fourchette.

3° Les dents de la roue d'échappement sont déterminées de manière que chacune d'elles occupe seule et complétement, à un faible jeu près, l'intervalle cylindrique intérieur.

L'écorce se compose d'un demi-cylindre augmenté de part et d'autre d'une partie correspondant à 10° (d'après M. Martens). Cet angle complémentaire détermine complétement la lèvre de sortie qui est droite ou légèrement convexe. La lèvre d'entrée ne résulte que du raccordement des surfaces interne et externe de l'écorce par une surface cylindrique plus ou moins convexe (voir la *fig.* 12).

Nous n'insisterons pas sur le jeu de l'échappement, qui est pour ainsi dire identique, au point de vue descriptif, à celui de l'échappement à ancre des pendules et que la *fig.* 13 rappellera d'ailleurs beaucoup mieux que toute explication.

La portion du projet des dents qui agit sur les lèvres est rectiligne ou légèrement convexe. M. Saunier préconise la première forme qui comporte une chute plus convenable.

L'épaisseur de l'ancre étant assez faible pour que l'on puisse en faire abstraction, on calculera la vitesse angulaire de la roue, $\omega_0 = \varphi t$ au moment où le choc a lieu par la formule 14 du n° 11.

La vitesse angulaire, après le choc du système de l'ancre et du balancier, se déterminera comme au n° 16.

De la grande étendue des repos résulte de la part du frottement un travail négatif relativement important, mais qui, suivant certains auteurs, est utile au point de vue de la régularisation de l'action de la force motrice; c'est ce que l'on ne saurait admettre. En effet, nous avons vu dans un autre mémoire (VI n° 8), et même un peu plus haut à propos de l'échappement à ancre, qu'une résistance constante ou, par suite, qui varie très-lentement, n'a pas d'influence sur l'isochronisme, et le frottement sur les repos résultant de la force motrice varie très-lentement comme cette dernière.

Le défaut d'isochronisme est surtout dû à l'emploi du spiral plat qui n'est pas du tout isochrone, du moins dans

les limites des amplitudes adoptées pour l'échappement à cylindre. L'étude de ce spiral, limitée à des approximations convenables, conduit à des calculs tellement ingrats que je n'ai pas eu le courage de la pousser à bout.

Dans le cas d'un incliné droit des dents, l'influence de la force motrice sur l'isochronisme se calculera en suivant une marche à peu près identique à celle du n° 17, et nous ne pensons pas devoir entrer dans ce détail, et d'autant plus que l'approximation serait moindre que dans le cas précité en raison de la grandeur de l'angle correspondant à une dent.

Si l'incliné est légèrement convexe, en admettant, pour plus de simplicité (ce qui comporte une grande approximation), qu'il se confonde avec l'arc de cercle osculateur, la même méthode est également applicable, mais conduit à des formules très-compliquées que je me bornerai à indiquer un peu plus loin dans une note, en considérant que j'ignore les conséquences que l'on doit en tirer relativement à la forme la plus convenable à donner aux inclinés. En effet, les horlogers auteurs ne sont pas bien d'accord sur la nature du problème qu'il s'agit de résoudre. D'après Jodin, l'incliné devrait affecter une forme telle que :

1° Ou qu'il fasse parcourir au cylindre des angles égaux pour des parties égales de son arc (*);

2° Ou qu'il éprouve toujours la même résistance de la part du spiral.

Moinet ne se prononce pas catégoriquement à ce sujet, et

(*) Il est hors de doute que cet auteur a voulu dire que les angles décrits par la roue et l'angle doivent être proportionnels. Les vitesses angulaires de ces deux organes pouvant se calculer à la suite du choc, on voit que le profil de la dent se détermine par un arc d'épicycloïde intérieur, et qu'il serait concave au lieu d'être convexe. Parmi tous les profils admissibles, c'est donc la ligne droite qui satisfait le plus approximativement à la condition énoncée.

j'ai encore plus de raisons que lui pour user de la même circonspection.

Je ne m'occuperai pas des échappements Dupleix à virgule, à chevilles, etc., qui sont plus ou moins employés et dont les théories respectives ne sont que des applications des lemmes établis en premier lieu.

Note relative à la théorie de l'échappement à cylindre.

Conservons, aux modifications suivantes près, les notations du n° 17, en négligeant la chute. Soient (*fig.* 14) :

m le point de contact de la lèvre, dont on néglige l'épaisseur, avec le profil mm_0 de la dent dont m_0 est l'extrémité antérieure.

$$r_0 = Om_0, \quad r = Om, \quad \psi = \widehat{O'Om_0}, \quad \theta = \widehat{mOm_0}$$
$$r' = O'm, \quad \psi' = \widehat{OO'm}, \quad a = \overline{OO'}.$$

$Nm'M$ la normale en m à mm_0.

$$V = \widehat{NmO},$$

mT, mT' les tangentes en m à la dent et au cylindre. On a :

$$\text{tang}\, V = \frac{dr}{rd\theta}, \quad \omega = \frac{d\psi}{dt}, \quad \omega' = \frac{d\psi}{dt},$$

$$\widehat{N'MT'} = \widehat{O'MN'} - 90° = 180° - \widehat{O'mN} - 90° = \psi' + \psi - \theta + V - 90°.$$

On déduit de là pour l'égalité des composantes normales des vitesses :

$$\omega r \sin V = \omega' r' \sin(\psi' + \psi - \theta + V). \tag{2}$$

D'autre part on a, en égalant deux expressions de mn et remarquant que $O'n + On = a$,

$$\left\{ \begin{aligned} & r' \sin \psi' = r \sin(\psi - \theta), \\ & r' \cos \psi' + r \cos(\psi - \theta) = a. \end{aligned} \right. \tag{3}$$

Enfin, le principe des forces vives donne :

$$(4)\quad I\frac{(\omega^2-\omega_0^2)}{2}+I'\frac{(\omega'^2-\omega_0'^2)}{2}=-\frac{1}{2}(\psi'-\psi_0')^2+m(\psi-\psi_0),$$

l'indice o se rapportant aux quantités correspondant à l'instant où le contact a lieu en m_0.

L'équation de l'arc de cercle mm_0 est d'ailleurs de la forme

$$(5)\qquad \rho^2+2\rho(\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta)=\gamma.$$

α, β, γ, étant des constantes que l'on devra déterminer en faisant usage des équations (1).... (5) convenablement combinées entre elles, d'après les conditions que l'on voudra faire remplir à mm_0, si toutefois elles sont compatibles les unes avec les autres.

Si l'une de ces conditions est relative à l'action normale mutuelle N de la dent et de la lèvre de l'écorce, on devra joindre aux équations précédentes l'une des relations

$$I'\frac{d\omega'}{dt}=-m'(\psi'-\psi_0')+Nr'\sin(\psi'+\psi-\theta+V),$$

$$I\frac{d\omega}{dt}=m-Nr\sin V,$$

qui, jointes à la formule (2) par l'élimination de N et par une intégration, font retomber sur l'équation (4).

§ IV. — Des échappements a détente.

23. *Description de l'échappement à bascule.* — Cet échappement se compose (*fig.* 16) : 1° d'une pièce dOC_0 appelée *bascule*, mobile autour du pivot O, et bien équilibrée de manière à éliminer complétement les effets de la pesanteur sur sa masse, quelle que soit la position que l'on donne au chronomètre; 2° d'une lame flexible et rectiligne $a, b, c,$

encastrée dans cette pièce à une petite distance de son pivot, et établie de manière à toucher l'extrémité b_0 de la même pièce en exerçant en ce point une faible pression; cette lame se prolonge très-peu au delà du point b_0; 3° d'une roue d'échappement de centre C, dont les dents sont pointues et inclinées d'un petit angle sur le rayon partant du centre précédent et aboutissant à leur extrémité; 4° d'un ressort spiral de centre O, qui a pour effet de ramener contre un obstacle disposé à cet effet, la bascule dans son état naturel ou de repos, lorsque après l'avoir fait tourner autour de son pivot O, on vient à l'abandonner à elle-même; 5° d'un *repos* *r* en rubis implanté dans la bascule entre les points c_0 et O, et taillé de manière à présenter un plan incliné qui fasse avec le rayon qui le joint au centre C le même angle que les dents de la roue avec les rayons pareils.

L'axe du balancier est projeté en O'; il est muni de deux doigts rectilignes *e* et *f* dont nous ferons connaître l'objet un peu plus loin.

Lorsque la roue d'échappement est immobile, une de ses dents *g* vient s'appuyer contre le repos *r*; mais quand le balancier tourne de la droite vers la gauche, le doigt *e* finit par rencontrer l'extrémité c_0 de la lame rectiligne, la soulève en entraînant avec elle la bascule dans un mouvement de gauche à droite autour de son pivot; bientôt la dent *g* se dégage du repos, et pour que le doigt *e* abandonne la lame élastique, on s'arrange de manière que, avant que la bascule ne soit revenue dans sa position naturelle sous l'action du spiral, l'une des dents *k* de la roue d'échappement en mouvement sous l'action de la force motrice, vienne choquer, pour s'en dégager presque immédiatement, le doigt *f*; il résulte de ce choc une communication de force vive au balancier pour neutraliser les effets du choc du doigt *e* en c_0, du frottement des pivots et de la résistance de l'air. Il faut toutefois que la bascule arrive à son état

de repos en temps voulu, pour arrêter au passage la dent i qui précédait immédiatement la dent g. Lorsque le balancier revient sur lui-même, ou de la gauche vers la droite, le doigt e abaisse légèrement la lame $a_0\,c_0$ et s'en dégage ensuite, sans modifier l'état de repos de la bascule. On voit ainsi que la roue d'échappement ne tourne que de l'intervalle d'une dent pour chaque oscillation complète du balancier.

L'échappement est *libre* parce que la dent h, après avoir frappé le doigt f s'en dégage immédiatement et que l'action de la force motrice ne peut dans un temps aussi court modifier le mouvement du balancier.

Si un chronomètre muni d'un pareil échappement s'est arrêté, il ne peut de lui-même se remettre en marche après le remontage; il faut lui imprimer une secousse capable de dégager la dent g du repos.

24. *Du tirage.* — Mais cette faculté que possède l'échappement peut devenir un inconvénient et engendrer des irrégularités dans la marche du chronomètre à la suite de secousses accidentelles que l'on ne peut pas toujours éviter; et c'est pourquoi on a donné une inclinaison des dents sur le rayon pour produire du *tirage*, en se servant de l'expression ordinaire des horlogers, et c'est ce dont nous allons maintenant chercher à nous rendre compte.

Soient (*fig.* 17) :

ε l'inclinaison dont il s'agit;

μ le moment de la force motrice transmise à la roue, par rapport au point C;

N la pression normale exercée par la dent g sur le repos;

f le coefficient du frottement qui en résulte lorsque le dégagement de la dent se produit ou tend à se produire;

R le rayon rC.

Le moment des forces N et Nf par rapport à C doit être égal à μ, ce qui donne la relation :

$$N = \frac{\mu}{R(\cos\varepsilon - f\sin\varepsilon)}.$$

Les composantes de ces mêmes forces suivant la direction de R, et celle qui lui est perpendiculaire ont respectivement pour valeurs :

$$N \sin \varepsilon + Nf \cos \varepsilon = \frac{\mu}{R}\left(\frac{\operatorname{tang} \varepsilon + f}{1 - f \operatorname{tang} \varepsilon}\right),$$

$$N \cos \varepsilon - Nf \cos \varepsilon = \frac{\mu}{R}.$$

La distance d du point O à la première de ces composantes ne variera pas d'une manière appréciable pendant toute la durée du dégagement de la dent g; il n'en sera pas de même de la distance du point d'application de N et Nf à la perpendiculaire abaissée de O sur R au-dessous de laquelle est situé ce point ; cette distance, quoique toujours très-petite, peut varier relativement d'une manière appréciable suivant les relations de positions adoptées. et nous y substituerons sa valeur moyenne d. Les forces N et Nf, donneront donc lieu par rapport au point O, un moment résistant ou qui s'opposera au seul déplacement possible de la bascule, ayant pour expression :

$$\text{(1)} \qquad \frac{\mu d}{R}\left(\frac{\operatorname{tang} \varepsilon + f + \frac{d'}{d}}{1 - f \operatorname{tang} \varepsilon}\right).$$

ou approximativement comme f, ε, $\frac{d'}{d}$ sont de petites quantités,

$$\text{(2)} \qquad \frac{\mu d}{R}\left(\operatorname{tang} \varepsilon + f + \frac{d'}{d}\right).$$

Cette expression devra être multipliée par le déplacement angulaire de la bascule décrit jusqu'au moment où la dent se dégage, pour représenter le travail résistant qu'il faudra vaincre, ou la portion de la demi-force vive due à une secousse nécessaire pour produire le dégagement.

Si l'on fait abstraction du terme $\frac{d'}{d}$ qui est indépendant de l'angle ε, l'expression ci-dessus du moment devient :

$$\frac{\mu}{R}(\operatorname{tang}\varepsilon + f),$$

son rapport à ce qu'il serait si ε était nul est

$$(3) \qquad \frac{\operatorname{tang}\varepsilon}{f} + 1,$$

et a pour valeur 3,226 dans le cas usuel de $\varepsilon = 12°$, $f = 0,1$; on voit aussi quelle est l'influence considérable que peut avoir une faible inclinaison de 12° pour les dents relativement à la stabilité de l'échappement.

25. *Du mode de tracé de l'échappement et des relations entre ses éléments linéaires et angulaires.* — Supposons (*fig.* 18) que l'on se donne la position des centres C et O' dont nous prendrons la distance pour unité, et que la bascule soit au repos; on détermine l'extrémité k de la dent qui doit la première frapper l'appendice f par l'intersection de deux droites Ck O'k partant des points C et O', et faisant respectivement avec O'C les angles donnés α et β. La naissance h de la même dent résultera de la rencontre de deux droites, l'une Oh faisant avec Ok l'angle γ, l'autre kh faisant avec Ck l'angle ε.

On reconnaît très-facilement que l'on a :

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} Ck &= \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}, \\ Ok &= \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}, \\ kh &= \frac{\sin\gamma \,.\, OK}{\sin(\alpha+\beta-\delta-\gamma)} = \frac{\sin\alpha\sin\gamma}{\sin(\alpha+\beta-\delta-\gamma)\sin(\alpha+\beta)}. \end{aligned} \right.$$

Pour trouver le rayon Ch de la circonférence intérieure

de la roue, il suffit de résoudre le triangle Ckh dont on connaît deux côtés Ck et kh et l'angle compris ε; mais comme cet angle est généralement petit, on peut prendre tout simplement

$$Ch = Ck - kh \cos \delta. \tag{5}$$

M. Martens suppose douze dents à la roue; il s'arrange de manière que les dents soient symétriquement situées par rapport à O'C lors du repos, et l'on a par suite :

$$\alpha = 12°.$$

Il prend en outre

$$\beta = \delta = 25°,$$
$$\varepsilon = 12°, \quad \gamma = 5°.$$

Et en effectuant les calculs, on trouve

$$Ck = 0,7019$$
$$O'k = 0,3452$$
$$kh = 0,0880$$
$$Ch = 0,6156.$$

On choisit la troisième des dents qui suit la dent Kh, pour celle qui s'appuie sur le repos, et si Cg est le rayon qui aboutit à sa naissance g, l'angle $O'Cg$ est égal à 60°.

Le repos se trouve à très-peu près à égale distance du pivot et de l'extrémité libre de la bascule.

L'étendue du repos correspond à un angle de 3° ayant son sommet au point O.

26. *Du jeu de l'échappement en ayant égard à l'élasticité de la lame de levée.* — L'encastrement de la lame étant très-voisin de l'axe de rotation de la bascule, on peut sans erreur appréciable, et en vue de simplifier les formules supposer qu'il coïncide avec le point O.

Soient :

Obc (*fig.* 19) la forme et la position de la lame, lorsque

la bascule tourne d'un angle très-petit, θ dont nous ne conserverons que la première puissance.

Obx la position correspondante de la tangente au point d'encastrement, faisant avec Oc_0 l'angle θ.

O' la projection de l'axe de rotation du balancier qui se trouve sur le prolongement de Oc_0.

c la position moyenne du contact entre la lame et le doigt, pendant toute la durée de la levée, et où nous supposerons que le contact a lieu constamment.

θ' l'angle également petit qui forme Oc_1, avec OO'.

r' le rayon $O'c_0$ que nous pouvons considérer comme égal à $O'c_1$.

z, z' les ordonnées des points c_1 et c_1, par rapport à OO' avec lesquelles les chemins c_1c_0, cc_0 coïncident très-sensiblement.

ω_1, ω_1' les vitesses angulaires de la bascule et du balancier, après le choc du doigt et de la lame, calculée d'après les principes exposés plus haut.

I, I' les moments d'inertie de la bascule et du balancier autour de leurs axes respectifs.

τ le moment résistant par rapport au point O dû au tirage.

$K\theta$ le moment dû à la tension du ressort spiral placé en O par rapport au même point, supposé ainsi proportionnel à l'angle θ à cause de la petitesse du déplacement (*).

$K'\theta'$ le moment dû à l'action du spiral réglant sur le balancier.

Nous conserverons d'ailleurs les autres notations du n° 4 où nous sommes occupé des relations entre les divers éléments qui se rapportent à une lame élastique.

Nous aurons :

(*) Voir, pour la détermination de K, le lemme n° 4.

$$c = z' - z,$$

$$p = \frac{4\mu}{l^3\lambda^2}(z' - z),$$

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{4\mu}{l^3\lambda^2}(z' - z) - \tau - K\theta,$$

$$I'\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{4\mu}{l^3\lambda^2}(z' - z) - K'\theta',$$

et comme

$$z' = r'\theta', \quad z = l\theta,$$

il vient :

$$(1) \quad \begin{cases} \dfrac{I}{l}\dfrac{d^2z}{dt^2} = \dfrac{4\mu}{l^3\lambda^2}(z' - z) - \dfrac{K}{l}z - \tau, \\ \dfrac{I'}{r'}\dfrac{d^2z'}{dt^2} = -\dfrac{4\mu}{l^3\lambda^2}(z' - z) - \dfrac{K'}{r'}z'. \end{cases}$$

Pour simplifier, nous poserons :

$$\frac{\dfrac{4\mu}{l^3\lambda^2} + K}{I} = A, \qquad \frac{\dfrac{4\mu r'}{l^3\lambda^2} + K'}{I'} = A', \qquad \frac{\tau l}{I} = C,$$

$$\frac{4\mu}{l^3\lambda^2 I} = B', \qquad \frac{4\mu r'}{l^3\lambda^2 I'} = B',$$

et nous aurons :

$$(2) \quad \begin{cases} \dfrac{d^2z}{dt^2} = -Az + Bz' - C, \\ \dfrac{d^2z'}{dt^2} = -A'z' + B'z. \end{cases}$$

En posant :

$$z = z_1 + \frac{C}{BB' - AA'}, \qquad z' = z'_1 + \frac{C}{A'B - AB'},$$

ces deux équations deviennent :

$$(3) \quad \begin{cases} \dfrac{d^2z_1}{dt^2} = -Az_1 + B'z'z'_1, \\ \dfrac{d^2z'_1}{dt^2} = -A'z'z'_1 + Bz'_1, z_1. \end{cases}$$

Soient :

$$\alpha_1^2 = \frac{A+A'+\sqrt{(A-A')^2+4BB'}}{2}, \quad \beta_1 = \frac{A-A'-\sqrt{(A-A')^2+4BB'}}{2B'},$$

$$\alpha_2^2 = \frac{A+A'-\sqrt{(A-A')^2+4BB'}}{2}, \quad \beta_2 = \frac{A-A'+\sqrt{(A-A')^2+4BB'}}{2B'}.$$

En désignant par M_1, M_2, N_1, N_2 quatre constantes arbitraires, les intégrales générales des équations (3) seront :

$$(4) \quad \begin{cases} z_1 = M_1 \cos(\alpha_1 t + N_1) + M_2 \cos(\alpha_2 t + N_2), \\ z'_1 = M_1\beta_1 \cos(\alpha_1 t + N_1) + M_2\beta_2 \cos(\alpha_2 t + N_2). \end{cases}$$

Nous remarquerons que l'on a $AA' > BB'$, et que par suite les valeurs ci-dessus de α_1^2, α_2^2 sont positives, et qu'enfin les inconnues z et z' ne renferment pas d'exponentielles. Nous avons donc :

$$(5) \quad \begin{cases} z = M_1 \cos(\alpha_2 t + N_1) + M_2 \cos(\alpha_2 t + N_2) - \dfrac{C}{AA'-BB'}, \\ z' = M_1\beta_1 \cos(\alpha_1 t + N_1) + M_2\beta_2 \cos(\alpha_2 t + N_2) - \dfrac{C}{AB'-A'B}. \end{cases}$$

Les questions constantes M_1, M_2, N_1, N_2 se détermineront par les conditions :

$$\left.\begin{array}{l} z = 0 \\ z' = 0 \\ \dfrac{dz}{dt} = w \\ \dfrac{dz'}{dt} = w' \end{array}\right\} \text{pour } t = 0.$$

Mais comme les formules sont trop compliquées pour être facilement discutées, nous allons étudier séparément l'influence des différentes forces qui agissent sur la bascule.

Supposons en premier lieu que l'on puisse négliger le

tirage et l'action des ressorts spiraux. Dans ce cas on a les équations :

$$(6)\qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2z}{dt^2} &= A(z'-z), \\ \frac{d^2z'}{dt^2} &= -A'(z'-z). \end{aligned} \right.$$

En les retranchant l'une de l'autre, on obtient :

$$\frac{d^2(z'-z)}{dt^2} = -(A+A')(z'-z),$$

d'où

$$z'-z = M\cos\sqrt{A+A'}\,.\,t + M'\sin\sqrt{A+A'}\,.\,t,$$

M et M' étant deux constantes arbitraires. La constante M sera nulle, parce que l'on a $z=0$, $z'=0$ pour $t=0$, et comme, pour la même valeur du temps, la différence des vitesses est $w'_1 = w_1$ il vient :

$$(8)\qquad \begin{aligned} w'_1 - w_1 &= M'\sqrt{A+A'}, \\ z'-z &= \frac{w'_1 - w_1}{\sqrt{A+A'}}\sin\sqrt{A+A'}\,.t. \end{aligned}$$

En éliminant les seconds membres des mêmes équations (6) on trouve :

$$(9)\qquad A'z + Az' = (A'w_1 + Aw'_1)t.$$

Les deux vitesses w_1', w_1 étant très-sensiblement égales, z' est égal à z, et la différence $z'-z$ ne peut provenir que du tirage et de l'action des ressorts spiraux que nous avons négligée.

Tenons maintenant compte du tirage en négligeant les actions des spiraux, et en supposant égales les deux vitesses w_1, w'.

On aura :

$$\frac{d^2z}{dt^2} = A(z' - z) - \tau;$$

$$\frac{d^2z'}{dt^2} = -A'(z' - z),$$

d'où

$$\frac{d^2}{dt^2}(z' - z) = -(A + A')(z' - z) + \tau,$$

par suite

$$(10) \quad z' - z = \frac{\tau}{A + A'} + M \cos \sqrt{A + A'}.t + N \sin \sqrt{A + A'}t.$$

Si nous admettons que les vitesses w_1, w'_1 soient égales, on a :

$$(11) \qquad z' - z = \frac{C}{A + A'}\left(1 - \cos \sqrt{A + A'}.t\right);$$

d'autre part :

$$A'\left(\frac{dz}{dt} - w_1\right) + A\left(\frac{dz'}{dt} - w_1\right) = -CtA',$$

d'où

$$(12) \qquad A'z + Az' = (A + A')w_1 t - \frac{Ct^2A'}{2},$$

En négligeant les puissances de t supérieures à la deuxième, l'équation (12) donne :

$$(13) \qquad z' - z = \frac{C}{2}t^2,$$

d'où

$$A'z + Az' = (A + A')w_1 t - A'(z' - z),$$

$$z' = w_1 t,$$

$$z' - z = \frac{C}{2}\frac{z'^2_1}{w_1^2}.$$

Cette dernière quantité est très-petite et peut être considérée comme nulle.

27. Soient c (*fig.* 20), la longueur du doigt à partir du point c_0; c_2 le point, où il est sur le point de quitter la lame; comme Oc_0 est très-grand par rapport à $O'c_0$, on peut comme

nous l'avons fait jusqu'ici considérer comme rectiligne, le chemin décrit par l'extrémité du ressort; l'ordonnée en point de dégagement est

$$z_2 = \sqrt{2r'e},$$

en négligeant le quarré de e.

Soit δ l'angle au centre correspondant au repos, et qui est supposé très-petit, il faut pour que le doigt se dégage que

$$l\delta \leqq z_2,$$

d'où

$$e \geqq \frac{l^2\delta^2}{2r'}.$$

28. Des considérations analogues sont applicables à l'échappement libre à ressort et aux diverses variétés de l'échappement à détente pour la description desquelles nous renverrons au traité d'échappement de M. Martens.

NOTE

SUR UN NOUVEAU TUBE INDICATEUR DU NIVEAU DE L'EAU DANS LES CHAUDIÈRES VERTICALES, INVENTÉ PAR M. PLANCHE, INGÉNIEUR AUX FORGES D'IMPHY.

Par M. ICHON, ingénieur des mines.

Lors de l'explosion d'une chaudière verticale survenue au mois d'octobre 1868, aux forges d'Imphy (Nièvre), j'ai signalé l'absence du tube indicateur sur toutes les chaudières verticales. On n'y trouve, en général, pour indiquer le niveau de l'eau, que des flotteurs et des robinets de jauge. L'un et l'autre de ces systèmes d'indication présentent des inconvénients sérieux, et l'on ne peut pas toujours compter sur les indications qu'ils fournissent. Les garnitures des tiges des flotteurs sont fréquemment trop serrées et ne permettent pas leur libre mouvement; quant aux robinets de jauge, ils peuvent induire en erreur, l'eau condensée de la vapeur pouvant faire croire à l'immersion des tubes dans l'eau de la chaudière, tandis que par le fait ils débouchent dans la vapeur. On ne peut donc que louer l'article 9 du décret du 25 janvier qui prescrit, alinéa 2 :

L'un de ces deux indicateurs est un tube en verre disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et remplacé au besoin; l'alinéa 1 prescrit en outre qu'il sera placé en vue du chauffeur.

Or, s'il est facile de remplir ces conditions pour les chaudières horizontales, il n'en est pas de même pour les chaudières verticales, au moins avec les tubes ordinairement en usage jusqu'à ce jour. En effet, le niveau de l'eau dans les chaudières verticales peut, en général, varier entre des li-

mites extrêmes éloignées de 50 à 60 centimètres. Il faudrait donc des tubes en cristal d'au moins $0^m,50$ de longueur et, quand on sait combien ces tubes sont sujets à rupture, on comprend que leur remplacement pourrait entraîner une dépense sérieuse. En outre, il serait impossible de satisfaire à la prescription du premier alinéa de l'article 9, c'est-à-dire de les placer en vue du chauffeur, car on sait que ces tubes se salissent très-rapidement, et il ne serait pas possible de distinguer le niveau de l'eau à une hauteur pareille, même dans un tube parfaitement propre.

La commission des machines à vapeur a jugé, à propos de l'accident d'Imphy, que, malgré les inconvénients que nous venons de signaler, il y avait lieu d'obliger les propriétaires à munir leurs chaudières verticales du niveau, et qu'il était du devoir du chauffeur de monter pour l'examiner. Outre que cela ne répond plus à l'alinéa 1 de l'article 9 du décret, je me permettrai de faire observer que si, à la vérité, il est du devoir du chauffeur de monter pour examiner son niveau, c'est là un de ces devoirs auxquels il peut manquer facilement, et c'est généralement à la suite d'un devoir négligé que se produisent les accidents.

J'indiquerai ici un nouveau système de niveau pour les chaudières verticales, imaginé par M. Planche, ingénieur aux forges d'Imphy, pour lequel il a pris un brevet et qui résout d'une manière avantageuse toutes les difficultés.

Cet appareil est fondé sur la différence de densité entre le mercure et l'eau. Un tube en U, en verre, contenant à sa base une petite colonne de mercure, et placé au bas de la chaudière, est mis en communication par l'une de ses branches avec la partie supérieure de la chaudière contenant la vapeur, par l'autre avec l'eau de la chaudière, au moyen des tubes T et R débouchant en *a* et *b* (*fig.* n° 1). Les deux tubes seront pleins d'eau, le tube T étant toujours rempli par l'eau de condensation. En supposant le

niveau de l'eau en *cd*, on aura sur la surface A de la colonne mercurielle une pression :

$$Q+P,$$

Q étant la pression de la vapeur ;
P celle de la colonne d'eau de hauteur H.
Sur la surface C nous aurons :

$$Q+P-p,$$

p étant la pression d'une colonne d'eau de hauteur *h*, la différence des pressions sera précisément cette même quantité *p* correspondant à *h*. En vertu de cette différence de pressions, le mercure montera en C, descendra en A, de manière à venir en A' et C' pour rétablir l'équilibre ; *hm* étant la dénivellation du mercure, on aura :

$$hm \cdot 13{,}6=(h+hm)\cdot 1,$$

d'où

$$hm=\frac{h}{12{,}6}.$$

Les variations de niveau du mercure seraient donc à peu près le treizième de celles de l'eau, ce qui donnerait pour $0^m,50$ une dénivellation totale d'à peu près $0^m,04$. Pour rendre les indications encore plus sensibles, on élargit l'un des tubes dans la partie où oscille le niveau du mercure, de manière à y rendre ces oscillations plus évidentes et à doubler à peu près l'étendue de celles qu'on observe dans l'autre branche.

Les *fig.* 3 et 4 montrent la disposition de l'appareil tel qu'il est installé à Imphy ; j'ai constaté qu'il fonctionnait parfaitement ; le niveau du mercure est très-mobile et se distingue beaucoup mieux que celui de l'eau dans les tubes ordinaires. Dans l'essai fait d'abord à Imphy, on avait fait déboucher le tube R un peu au-dessous du niveau le plus

bas habituellement atteint; j'ai fait observer que de cette manière l'appareil donnerait des indications fausses, si le niveau descendait plus bas ; aujourd'hui les tubes R et T débouchent au delà des limites extrêmes, que la surface de l'eau ne doit jamais dépasser.

Les *fig.* 3 et 4 indiquent suffisamment les détails de la construction de l'appareil pour qu'il soit inutile d'y insister; deux robinets munis de garnitures à vis permettent d'enlever facilement le tube pour le nettoyer, lorsque cela devient nécessaire. Il est d'ailleurs placé en vue du chauffeur et répond ainsi à toutes les conditions prescrites. Je pense donc qu'il serait utile de recommander cet appareil aux propriétaires d'usines, et je crois qu'il remplira avantageusement, pour les chaudières verticales, les fonctions du tube à eau dans les chaudières horizontales.

NOTE SUR LE RAPPORTEUR TABARANT.

Par M. ICHON, ingénieur des mines.

M. Tabarant, géomètre aux mines de Decize (Nièvre), a imaginé un instrument destiné à rapporter sur le papier, plus rapidement et plus exactement qu'il n'est possible de le faire avec les procédés généralement usités jusqu'ici, les plans levés d'une manière quelconque, soit dans la mine, soit au jour. Les procédés en usage pour rapporter les plans levés avec la boussole suspendue, la boussole quarrée, le graphomètre, le théodolithe ou le pantomètre, sont graphiques ou numériques, c'est-à-dire se fondant sur l'emploi du rapporteur ordinaire, de la boussole ou des trois plans coordonnés.

Les opérations exécutées avec le rapporteur ordinaire sont entachées de deux causes d'erreurs : la première gît dans l'imperfection même de l'instrument qui ne permet pas d'obtenir une approximation de plus de 1/8 de degré, et dans la difficulté de faire coïncider exactement son centre avec le point auquel on veut faire un angle donné ; la seconde, dans l'amplification d'une première erreur qui, par le mode même de construction, se répète sur tous les angles subséquents. Cette deuxième cause d'erreur est évitée avec la boussole ; en effet, supposons dans une construction une erreur sur une direction ab, représentée par l'angle bab_1 (*fig.* 1) ; si abc est l'angle suivant, nous aurons avec la boussole, les directions étant toujours rapportées au méridien magnétique, b_1c_1 pour le nouveau côté du lever au lieu de bc ; avec le rapporteur nous aurons $b_1c'_1$; dans ce dernier cas l'écart sera cc'_1 plus grand que cc_1 qui est

égal à bb_1. Il n'est cependant pas possible non plus avec la boussole d'obtenir une approximation de plus de 1/8 de degré, en outre il faut, pour pouvoir se servir de cet instrument, être placé dans un bureau dépourvu d'objets en fer et éloigné des masses de fer un peu considérables, telles que grilles, voies ferrées, etc., condition généralement fort difficile à réaliser et sur l'importance de laquelle on n'est probablement pas fixé partout ; elle ressort de ce fait qu'au bureau des mines de Decize, placé au premier étage, où tous les ferrements des fenêtres, volets, etc., ont été faits en cuivre, l'influence d'une grille en fer dans la cour sur l'aiguille est telle qu'il y a un écart de 1/4 de degré d'un bout à l'autre du plan qui n'a que 2^m,50 de longueur. Enfin pour bien opérer avec la boussole, la table à dessin doit être exactement horizontale pour permettre à l'aiguille d'osciller librement.

Toutes ces conditions étant réalisées, les opérations elles-mêmes sont très-longues, pour peu que l'aiguille soit sensible, à cause des oscillations répétées et des tâtonnements auxquels on est astreint.

Reste la méthode des trois plans coordonnés. On ne peut lui refuser l'exactitude, mais tout le monde sait combien elle est longue et encore, pour opérer un peu plus facilement, faut-il se servir de papier quadrillé qui ne contribue pas à la netteté des plans de mine toujours exposés à se salir et à devenir diffus dans la longue durée de leur service. Pour les galeries secondaires surtout, où l'on est fréquemment obligé de lever un grand nombre de points, sans que toutefois ce lever comporte le degré d'exactitude attaché à la méthode des trois plans coordonnés, elle devient très-fastidieuse.

Le rapporteur Tabarant combine la rapidité d'opération avec une grande exactitude, suffisante même pour les levers faits au théodolithe. Il permet de rapporter immédiatement les angles levés à la boussole et. à l'aide d'une

transformation très-simple, ceux levés au graphomètre, théodolithe, etc.

Son emploi se fonde, comme celui de la boussole, sur l'existence d'une direction fixe à laquelle sont rapportées les directions de toutes les lignes du lever; seulement ici cette direction qui est celle du méridien astronomique, est absolument fixe, tandis que celle du méridien magnétique, qui sert dans l'emploi de la boussole, varie avec le temps.

La direction fixe est donnée dans l'instrument par les deux règles AB, CD (*fig.* 3 et coupes), d'un lozange articulé en fer; les côtés ont $0^m,60$ de longueur. J'appellerai AB le côté fixe, parce qu'il est maintenu dans une position invariable pendant l'opération au moyen d'un fort poids en plomb ou en fonte figuré sur le dessin; le côté fixe a une épaisseur double des autres, pour que l'on puisse renverser le parallélogramme sens dessus dessous, comme nous le verrons plus loin.

Le rapporteur lui-même se compose d'un demi-cercle évidé en laiton, prolongé un peu en dessous de son diamètre et porté par une règle IK parallèle à ce diamètre; le demi-cercle est divisé en demi-degrés, il porte quatre graduations, une de 0° à 180° et une de 180° à 360° de gauche à droite et deux pareilles de droite à gauche. A son centre est attachée une alidade munie d'un petit arc LM formant vernier et donnant les minutes. En dessous de la règle LK est attaché un arc de cercle NP dont le centre se trouve en O et qui porte une division en quarts de degré jusqu'à 25°. La vis Q permet de fixer cet arc dans une position déterminée par rapport à la règle IK.

Il reste à indiquer la manière de se servir de l'instrument. Je suppose qu'il s'agisse d'un lever fait à la boussole, on commence par placer la règle AB (*fig.* 2) sur une ligne parallèle au méridien astronomique; il suffit de tracer sur le plan des lignes distantes de $0^m,60$, suivant cette direction pour pouvoir atteindre un point quelconque. On

fixe l'arc NP de manière que ON forme avec IK un angle égal à la déclinaison de l'aiguille magnétique au moment de l'opération du lever; cet angle variera donc avec le temps et les lieux; l'arc NP permet de lui donner la valeur convenable; supposons-le de 18°. En admettant qu'on ait lu un angle de 45° dans le lever d'une direction avec une boussole graduée de gauche à droite, IK étant la direction de l'aiguille, il suffira de faire tourner l'alidade de droite à gauche depuis le 0° jusqu'à la division 45°, pour avoir la direction cherchée; pour tracer ensuite une ligne parallèle par un point quelconque *p*, on n'aura qu'à faire glisser l'appareil, AB restant toujours fixe jusqu'à amener ce point contre l'alidade, ce qui se fait très-facilement et très-rapidement.

Si la boussole était graduée de droite à gauche, on aurait lu 315°, et ce même angle se lirait sur le rapporteur dans les graduations de gauche à droite 180° à 360°.

On voit qu'en opérant comme je viens de l'indiquer, on compte les angles sur le rapporteur en sens contraire de leur lecture sur la boussole; c'est pour obvier à cet inconvénient qui, lorsqu'on manque d'habitude, peut occasionner des erreurs, qu'on a aménagé le parallélogramme de manière à ce qu'en le renversant la règle CD ne s'applique plus sur le papier (*fig.* 4 et coupe correspondante), et permette au rapporteur de glisser en dessous de cette règle. Pour arriver dans ces conditions à lire les angles directement, on applique la règle ON sur une ligne NS tracée sur le plan; on ramène l'alidade à la ligne 0—180° (*fig.* 5), et l'on applique contre les taquets *aa* de cette alidade (voir *fig.* 4 et la coupe *lmn*) le côté CD du parallélogramme; CD et AB sont alors parallèles au méridien magnétique et l'on fixe AB dans cette position. Pour faire l'angle de 45° on laisse l'alidade fixée contre la règle CD, et l'on tourne le rapporteur en dessous, ainsi que le montre la *fig.* 6; IK donne alors la direction cherchée, et l'on voit que l'angle de 45° est lu

de gauche à droite; pour tracer la direction cherchée par le point p on opère comme précédemment. Il est bien entendu que dans la pratique on fera l'angle de 45° au moyen de l'alidade, puis on appliquera celle-ci contre la règle CD, le parallélogramme ayant été monté à l'avance, et l'on tracera alors immédiatement la direction cherchée avec la règle IK. La description de l'opération est du reste plus longue que la pratique, et l'on est étonné de voir la rapidité avec laquelle un lever peut être rapporté. Ainsi j'ai fait tracer sous mes yeux, à l'aide du rapporteur Tabarant, un polygone régulier de 24 côtés; il a été achevé en vingt-cinq minutes; le même polygone tracé avec la boussole a demandé $1^h,15$, et tandis que sur les 24 angles tracés l'erreur totale avec le rapporteur n'était que de 10 minutes ce qui fait $\frac{5}{12}$ de minute d'erreur moyenne par angle, avec une boussole de même diamètre, l'erreur totale s'est trouvée de 3° 45' et par suite l'erreur par angle de $\frac{225'}{24}$ ou de 9',3, c'est-à-dire que cette dernière était au moins 18 fois plus forte, ce qui s'explique du reste, le rapporteur donnant les angles à une minute près, tandis que la boussole ne les donne qu'à 7',5 au plus.

Ces résultats montrent très-nettement le grand avantage de l'emploi du rapporteur Tabarant sur celui de la boussole, rien qu'au point de vue de la rapidité et de l'exactitude des opérations. Je ne pense pas qu'il soit nécessaire d'insister sur une comparaison entre cet instrument et le rapporteur ordinaire.

Pour s'en servir dans les levers faits au graphomètre ou au théodolithe, il suffit d'une transformation très-simple des angles lus; en effet, AB (*fig.* 7) étant la première direction levée qui servira de direction fixe pour le parallé-

logramme, et ABC le premier angle lu, CBN nous donnera l'angle à lire sur le rapporteur : or

$$CBN = 180° - CBA ;$$

pour la deuxième direction :

$$DNM = CBN + 180° - DCB,$$

pour la troisième :

$$DMO = CNM + 180° - EDC,$$

et ainsi de suite. C'est absolument la même opération qu'il faut faire pour réduire à la boussole les angles lus au théodolithe.

Je ferai observer que l'on pourrait, à la rigueur, simplifier le rapporteur en supprimant l'alidade ON; il suffirait pour cela de toujours établir le parallélogramme suivant le méridien magnétique, dans la lecture inverse comme dans la lecture directe, ce qui peut se faire au moyen de l'alidade centrale; cela présenterait seulement l'inconvénient d'obliger à refaire l'angle de déclinaison, chaque fois qu'on changerait la position de la règle fixe AB sur le plan.

Je crois pouvoir recommander le rapporteur Tabarant à tous les bureaux de dessin et spécialement aux bureaux de mines, dans lesquels il est appelé à rendre de véritables services.

BULLETIN.

Creusement des puits en montant.

Le creusement des puits en montant est fréquemment appliqué depuis vingt ans dans les houillères de Belgique.

Le premier essai de ce procédé eut lieu en 1851 au puits *Hainchamps*; en 1863 un semblable travail fut exécuté à la houillère de Fanny, de la mine de l'Espérance, à Seraing, et a été décrit par M. Havrez dans la *Revue universelle*, t. XIV, p. 15; en 1868, on a commencé sur le même principe le creusement du *Bure-Léon* à la houillère de Morchamps.

L'expérience ayant indiqué, dans les travaux de ce genre, des inconvénients quant à l'aérage et à la circulation des ouvriers, on a introduit, pour le creusement du Bure-Léon, des dispositions nouvelles qui y remédient.

Examinons successivement les conditions générales du creusement en montant, puis les dispositions adoptées à Morchamps, enfin les principales circonstances du travail en cours d'exécution.

Conditions générales. — Un étage de 40 à 50 mètres est en exploitation par un ou plusieurs puits d'extraction, foncés jusqu'au niveau des voies de roulage; un puits d'aérage n'atteint que le niveau supérieur du retour d'air.

L'exploitation de cet étage touchant à sa fin, il s'agit d'en préparer un autre 40 à 50 mètres plus bas. On approfondit les puits d'extraction par les procédés ordinaires de fonçage, et on attaque ensuite les nouveaux travers bancs inférieurs. Pendant ce temps il faut que le puits d'aérage atteigne le précédent niveau des voies de roulage, destiné à devenir le retour d'air de l'étage en préparation. *C'est cette extension du puits d'aérage qui se fait en montant.*

Dispositions adoptées à Morchamps. — Le puits en montage est divisé en trois compartiments par deux cloisons verticales. Des deux compartiments latéraux, l'un est muni d'échelles inclinées pour la circulation des ouvriers; l'autre reçoit une partie des dé-

blais; il est maintenu plein, mais il est terminé par une trémie pour le chargement des wagons au pied du montage. Le reste des déblais est provisoirement accumulé dans le compartiment du milieu, où l'on installe ordinairement un ou deux conduits d'aérage, qui se trouvent ainsi logés dans du remblai.

L'air monte par ces conduits et descend ensuite par le compartiment des échelles, ou inversement, selon que l'on préfère aérer en soufflant ou en aspirant : suivant le cas, les portes d'aérage sont placées de l'un ou de l'autre côté du compartiment des échelles.

Enfin ce compartiment est protégé contre la chute des pierres, par un petit plancher horizontal que l'on remonte à mesure de l'avancement du travail.

Circonstances principales du montage au Bure-Léon.—Le puits est circulaire, il doit avoir 3^{m},70 de diamètre intérieur, soit 3 mètres après revêtement d'une brique et demie. La longueur totale à creuser est de 157 mètres, répartie en deux tronçons consécutifs: le premier de 117 mètres en montant du niveau de 283 mètres au niveau de 166 mètres : le second de 40 mètres entre les niveaux 323 et 283. Le puits est boisé au moyen de cadres octogonaux en chêne ; les bois ont 15 à 20 centimètres de côté et sont assemblés à plats joints, avec clames boulonnées. Les cadres sont espacés d'environ 1 mètre et sont reliés par huit montants aux angles et huit boulons à embases, placés au milieu des pièces. Le premier cadre, et par suite tout le système, repose sur une forte charpente comprenant quatre pièces horizontales de 30 centimètres d'équarrissage encastrées dans le terrain, au toit de la galerie inférieure, et supportées en outre par 14 étais verticaux.

Les cadres, cloisons et conduits d'aérage sont placés à mesure de besoin.

Quand le puits est arrivé à hauteur, on vide les deux compartiments pleins de pierre, puis on commence la maçonnerie sur un cadre d'assise, qu'on a eu soin de placer avant d'attaquer le creusement et le boisage du puits ; à mesure que la maçonnerie monte on défait les cadres, comme dans une avaleresse ordinaire.

Le travail comporte quatre ouvriers mineurs travaillant en tâche par poste de huit heures ; les postes sont continués sans interruption. Voici les chiffres extrêmes caractérisant les résultats dans la partie déjà exécutée.

Le prix par mètre a été de 84 francs et 75 francs dans les *schistes* et de 150 francs et 168 francs dans les *grès*.

La journée est ressortie à des prix variant de 1^{f},76 à 7^{f},39.

L'avancement par quinzaine a varié de 2^{m},50 à 9^{m},40 ; le mini-

mum de $2^m,50$ a été percé dans le grès seul; le maximum de $9^m,40$ comprend $8^m.90$ de schiste et $0^m,50$ de grès.

(*Extrait d'une note de* MM. G. Godin, *directeur. et* Ch. Demanet, *ingénieur des charbonnages de l'Espérance, à Seraing*, publiée en date du 15 avril 1869, dans le tome XXVIII (année 1870), des *Annales des travaux publics de Belgique.*) L. M.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DIX-HUITIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Mémoire sur les principaux champs de filons de la Saxe et de la Bohême septentrionale; par MM. *Michel Lévy* et *Choulette* :

1re partie. 117

2e partie. 227

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Nouveau procédé de traitement des minerais d'or et d'argent; par feu M. *L.-E. Rivot*. 1

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Application de la mécanique à l'horlogerie (suite et fin); par M. *H. Résal*. 317

Note sur un nouveau tube indicateur de niveau de l'eau dans les chaudières verticales, inventé par M. Planche; par M. *Ichon*. 379

Note sur le rapporteur Tabarant; par M. *Ichon*. 383

CHIMIE.

Extraits des travaux exécutés au Laboratoire de Mézières (années 1867 et 1868); par MM. *Nivoit* et *Létrange*. 105

BULLETIN.

Creusement des puits en montant 389

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DIX-HUITIÈME.

Pages.

Pl. I à VI. Traitement des minerais d'or et d'argent par le procédé de feu M. L.-E. Rivot. 1

Pl. VII à Pl. XI. Filons de la Saxe et de la Bohême septentrionale. . . 117

Pl. XII. Horlogerie.. 317

Pl. XIII, *fig.* 1 à 4. Tube de niveau d'eau de M. Planche. 379

Fig. 1 *bis* à 4 *bis* et 5, 6 et 7. Rapporteur Tabarant. 383

227. — Paris. — Imprimerie Cusset et Cᵉ, rue Racine 26.

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

COMBES, inspecteur général de 1re cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines, *président*.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1re cl. (en retraite), membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines.

DE BOUREUILLE, conseiller d'État, inspecteur général de 1re cl., secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

DE BILLY, inspecteur général de 1re cl.

PIÉRARD, inspecteur général de 1re cl.

GRUNER, inspecteur général de 1re cl., professeur de métallurgie.

DUSOUICH, inspecteur général de 2e cl.

DAUBRÉE, inspecteur général de 2e cl., membre de l'Académie des sciences, professeur de minéralogie.

MM.

COUCHE, inspecteur général de 2e cl., professeur de construction et de chemins de fer.

HARLÉ, inspecteur général de 2e cl.

DE CHEPPE, ancien chef de la division des mines.

CALLON, ingénieur en chef de 1re cl., professeur d'exploitation.

DUPONT, ingénieur en chef de 1re cl., professeur de droit des mines.

BAYLE, ingénieur en chef de 2e classe, professeur de paléontologie.

DELESSE, ingénieur en chef de 2e cl., professeur de drainage,

LAMÉ-FLEURY, ingénieur en chef de 2e cl., secrétaire du conseil général des mines.

MOISSENET, ingén. ordinaire de 1re cl., professeur de docimasie, *secrétaire de la commission*.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'ingénieur secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, boulevard Saint-Michel, 60, à Paris.

Avis.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles, formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes. dont un consacre aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE CUSSET ET Cie, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

PARTIE ADMINISTRATIVE

OU

RECUEIL

DE LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES

CONCERNANT

LES MINES ET USINES ET L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER;

PUBLIÉ

Sous l'autorisation du ministre des Travaux publics.

SIXIÈME SÉRIE.

TOME IX.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vor DALMONT,

Precedemment Carilian-Gœury et Vor Dalmont

LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins. 49.

1870

ANNALES

DES MINES.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

JANVIER ET FÉVRIER 1870.

EXPOSÉ

DE

LA SITUATION DE L'EMPIRE

PRÉSENTÉ

AU SÉNAT ET AU CORPS LÉGISLATIF.

Novembre 1869. — (EXTRAIT.)

TRAVAUX PUBLICS.

ROUTES IMPÉRIALES. — Le nombre des routes impériales, qui l'année dernière était de 232, est aujourd'hui de 233 par suite du classement (décret du 15 mai 1869) d'une nouvelle route, sous le n° 107 *bis*, entre Florac et Alais. La longueur totale des routes classées se trouve ainsi portée à 38.479 kilomètres, représentant une moyenne de 165 kilomètres par route et de 432 kilomètres par département.

Le dernier exposé a annoncé que l'administration avait ordonné un nouveau recensement général de la circulation sur les routes impériales, recensement qui comprendra vingt et une journées d'observation échelonnées dans le courant de l'année 1869. Les recensements généraux opérés précédemment, à trois époques différentes, en 1852, 1857 et 1864, ont établi que si, par suite de la construction des chemins de fer, la fréquentation a diminué sur la plupart des routes parallèles aux voies ferrées, elle a, au contraire, augmenté sur les routes qui forment les affluents ou les prolongements de ces mêmes voies : de sorte que, toutes compensations faites, le chiffre de la circulation moyenne sur l'ensemble des routes impériales est demeuré, à très-peu de chose près, le même qu'avant l'établissement des chemins de fer. Quant au résultat du nouveau recensement, il ne sera complétement connu que dans les premiers mois de 1870 : toutefois, à en juger par les documents recueillis et dépouillés jusqu'à ce jour, il paraît devoir accuser une légère augmentation sur les chiffres constatés en 1864.

Les fonds votés pour le service des routes impériales sont affectés à des travaux d'entretien, de grosses réparations, de lacunes, de rectifications et de construction de ponts.

ENTRETIEN ET GROSSES RÉPARATIONS. — Le crédit appliqué à l'entretien et aux grosses réparations, qui était de 28.500.000 francs en 1868, a été porté en 1869 à 29 millions, dont 24.500.000 francs pour l'entretien proprement dit et 4.500.000 francs pour les grosses réparations. Malgré cette augmentation de 500.000 francs, affectée à l'entretien et appliquée aux parties des routes les plus détériorées, l'équilibre entre les ressources et les besoins n'est pas rétabli et l'amaigrissement des chaussées fait de nouveaux progrès. Ce défaut d'équilibre est dû principalement au renchérissement continu de la main-d'œuvre. Dans certaines contrées, en effet, le recrutement des cantonniers est devenu d'une extrême difficulté et ne s'opère que moyennant des augmentations de salaires considérables, augmentations qui appauvrissent d'autant les fonds à employer en fournitures de matériaux.

La plupart des conseils généraux, frappés de cette situation, sollicitent une augmentation de la dotation affectée à l'entretien des routes impériales.

En 1869 comme en 1868, la somme de 4.500.000 francs, applicable aux grosses réparations, a été employée à restaurer ou à refaire les chaussées profondément altérées, à réparer ou à re-

lever les ponts de petites dimensions, les ponceaux et les murs de soutenement. Les travaux de cette nature en cours d'exécution au 1er janvier 1870, et pour l'achèvement desquels une somme de 5.265.000 francs est encore nécessaire, se répartissent en 373 entreprises, disséminées dans 85 départements. Les mêmes travaux ont, en outre, fait l'objet de 501 projets dont la dépense totale est évaluée à 10.445.000 francs, projets que l'administration a approuvés, mais qu'elle n'a pu jusqu'à présent doter d'aucun crédit.

LACUNES. — La longueur des lacunes à combler sur les routes impériales était, au 1er janvier 1869, de 743 kilomètres. Le classement d'une nouvelle route impériale de Florac à Alais a augmenté cette longueur de 116 kilomètres; mais comme, d'un autre côté, on a consacré aux travaux de lacunes, dans le courant de la campagne, un crédit de 4.400.000 francs représentant les frais de construction de 135 kilomètres, la longueur totale restant à construire, à partir du 1er janvier 1870, ne sera plus, toute compensation faite, que de 724 kilomètres, qui se répartissent entre 16 départements, presque tous formés par les Alpes et les Pyrénées. La dépense restant à faire est de 26.160.000 francs.

RECTIFICATIONS. — On comprend sous la dénomination de *rectifications* les entreprises ayant pour objet les modifications de tracés de portions de routes anciennes, affectées de pentes et de contre-pentes excessives qu'on ne peut convenablement adoucir sans déplacer l'axe de la route. Le besoin de ces améliorations se fait principalement sentir sur les routes qui forment les affluents ou le prolongement des chemins de fer. Les rectifications décrétées d'utilité publique sont au nombre de 180, d'une longueur ensemble de 789 kilomètres et se répartissent entre 57 départements. La dépense restant à faire est de 22.433.000 francs. Le crédit de 1869 a été de 3 millions.

GRANDS PONTS.— L'administration place, dans cette catégorie, la reconstruction de ponts dont les travaux entraînent une dépense de 50.000 francs et au-dessus. Il est pourvu aux travaux de moindre importance au moyen d'un prélèvement sur les fonds du budget ordinaire (*grosses réparations des routes impériales*). Les évaluations budgétaires de l'exercice 1871 comprennent 32 projets, dont 28 sont dès à présent décrétés d'utilité publique. Les études des 4 autres projets sont très-avancées. Parmi les ouvrages en cours d'exécution ou sur le point d'être commencés, nous citerons

les ponts d'Arles sur le Rhône, de Lanne sur l'Adour, de Cubzac sur la Dordogne, des Tuileries sur la Seine à Paris, etc. Ces travaux se répartissent dans 24 départements et exigeront une dépense totale de 13.097.000 francs, sur laquelle une somme de 7.910.000 francs restera à créditer à partir du 1er janvier 1870. Un crédit de 3 millions a été affecté, en 1869, à la construction des grands ponts.

Nouvelles routes impériales de la Corse. — Les nouvelles routes impériales de la Corse sont au nombre de 5; elles ont été classées par une loi du 26 juillet 1839 et divers décrets de 1854, 1856 et 1862. Les frais de construction en sont évalués à 16.983.000 francs. Les dépenses faites au 31 décembre 1869 s'élevaient à 14.075.000 francs; il restait donc à dépenser, pour les terminer, une somme de 2.908.000 francs.

Routes forestières de la Corse. — Un décret du 1er avril 1854 a autorisé l'ouverture de 13 routes destinées à favoriser l'exploitation des immenses forêts que l'État et les communes possèdent en Corse. Ces routes auront une longueur totale de 497 kilomètres, dont 459 sont exécutés. La dépense faite s'élève à 7.409.000 francs, y compris les frais d'entretien des parties de route précédemment livrées à la circulation et qui s'ajoutent au capital de construction. Il reste à dépenser 2.668.000 francs.

Navigation intérieure. — Le réseau de navigation intérieure comprend : les parties de rivières flottables en train; les rivières navigables; enfin les canaux artificiels, soit que ces canaux aient pour objet de remplacer des parties défectueuses du cours des rivières (canaux latéraux), soit qu'ils unissent entre eux des bassins secondaires ou les grands bassins du Rhin, de la Seine, de la Loire, de la Garonne et du Rhône (canaux à point de partage).

D'après le tableau dressé par l'administration des contributions indirectes, on compte 1.598 kilomètres de rivières flottables en trains, 7.044 kilomètres de rivières navigables et 3.369 kilomètres de canaux. Mais il convient d'ajouter à ces deux derniers chiffres :

D'une part, les parties maritimes des rivières, d'une longueur de 256 kilomètres;

D'autre part, les canaux non encore imposés, tels que les canaux de la Marne au Rhin, de l'Aisne à la Marne, de l'Ill au Rhin, etc., dont la longueur totale est de 452 kilomètres; les ca-

naux maritimes de 58 kilomètres de développement; les canaux en cours d'exécution sur 126 kilomètres, et enfin les canaux concédés, dont la longueur totale est de 1.025 kilomètres.

L'ensemble des voies de navigation se décompose donc ains qu'il suit :

	kilom.
Rivières navigables	7.300
Canaux appartenant à l'État	4.005
Canaux concédés	1.025
Total	12.330

Sur cette longueur, plus de 11.000 kilomètres forment un réseau dont toutes les parties, coordonnées ensemble, peuvent être parcourues sans solution de continuité.

L'administration des travaux publics, tout en poursuivant dans leur ensemble les travaux extraordinaires autorisés pour l'amélioration des rivières et des canaux, a porté plus particulièrement son attention sur les entreprises qui ont pour objet le perfectionnement des voies navigables qui forment les grandes artères de la navigation intérieure de l'empire.

Telles sont : les lignes qui unissent Paris à la Belgique et aux ports de la mer du Nord, c'est-à-dire la Seine de Paris à Conflans, l'Oise canalisée, le canal de Saint-Quentin, le canal de Mons à Condé, l'Escaut et le réseau des canaux du Nord; la ligne de Paris au Havre par la basse Seine et la Seine maritime; celle de Paris à Strasbourg et au Rhin par la rivière de Marne et le canal de la Marne au Rhin; la ligne de jonction du bassin du Nord à celui de l'Est, par l'Aisne canalisée, et le canal de l'Aisne à la Marne; celle de Paris à Lyon par la haute Seine, l'Yonne, le canal de Bourgogne et la Saône; celle du Rhône au Rhin par le canal qui porte ce nom; la grande ligne de Lyon à la Méditerranée par le Rhône et le canal Saint-Louis; celle de la Seine à la Loire par la haute Seine, les canaux du Loing, d'Orléans et de Briare; les voies navigables du bassin de la Loire, telles que les canaux de Roanne à Digoin, latéral à la Loire, du Berry, et la Loire d'Orléans à la mer; enfin le réseau des canaux du Midi et la Garonne maritime.

La Seine, entre Paris et Conflans, forme la tête de la première ligne de navigation dont il vient d'être parlé. Le tirant d'eau de cette partie du fleuve a été porté à 2 mètres au moyen de l'exhaussement des barrages d'Andresy et de Marly et de l'établissement de la retenue de Suresnes. Cette dernière retenue est, d'ailleurs, suffisante pour tendre les eaux jusqu'au barrage de Port-à-l'An-

glais, en amont de Paris, et assurer en tout temps dans la traversée de la ville un mouillage de 2 mètres.

L'Oise canalisée, le canal de Saint-Quentin, l'Escaut et le canal de Mons à Condé sont dans un état satisfaisant. Le tirant d'eau de 2 mètres y a été obtenu depuis plusieurs années; l'administration se borne à poursuivre sur ces canaux quelques travaux d'amélioration tels que le balisage de l'Oise canalisée, l'élargissement des souterrains du canal de Saint-Quentin, sur lesquels un service de touage a été organisé, et le perfectionnement des chemins de halage. Sur les lignes où le tirant d'eau de 2 mètres n'existe pas encore, telles que les canaux d'Aire à la Bassée, de Calais, l'administration se met en mesure d'assurer ce mouillage à la batellerie.

La Scarpe, navigable depuis Arras jusqu'à son embouchure dans l'Escaut, fait partie du réseau de navigation du Nord. La partie inférieure de cette rivière est concédée. Quant à la partie supérieure, elle a été améliorée entre les canaux de la Deule et de la Sensée, en exécution d'un décret du 22 septembre 1861. En amont du canal de la Sensée jusqu'à Arras, la navigation est encore imparfaite. Le projet des travaux à faire pour en porter le tirant d'eau à 2 mètres est approuvé. Un décret sera prochainement soumis au conseil d'État pour en autoriser l'exécution.

Le canal de Roubaix, qui doit réunir l'Escaut à la Deule, appartient également au réseau navigable du Nord; on continue activement les travaux de construction de ce canal.

Sur la ligne de Paris au Havre, les travaux exécutés pour l'amélioration de la Seine entre Paris et Rouen, en vertu de la loi du 31 mai 1846, avaient pour but d'assurer à la navigation un tirant d'eau de $1^m,60$, considéré alors comme suffisant. Les besoins toujours croissants de la navigation ont fait reconnaître la nécessité de porter le mouillage à 2 mètres. Cette amélioration a été réalisée déjà entre Paris et Conflans, comme il a été dit ci-dessus. Un décret du 11 août 1866 a autorisé l'exécution des travaux à faire pour obtenir le même résultat entre Conflans et Rouen. Ces travaux consistent dans l'amélioration des retenues actuelles et dans l'exécution à Port-Villez, près Bonnières, d'un nouveau barrage éclusé, qui fera disparaître l'obstacle principal que rencontre la navigation. Le projet de l'écluse, dont la construction doit nécessairement précéder celle du barrage, a été adjugé dans le cours de la présente campagne, et l'on s'est occupé immédiatement d'extraire des carrières et d'approvisionner les matériaux nécessaires

à l'exécution de cet ouvrage, de manière à donner à l'entreprise une très-grande activité dès le commencement de la campagne prochaine. Il y a lieu d'espérer que l'écluse de Port-Villez sera achevée la fin de 1870.

Sur la Seine maritime, les travaux d'endiguement ont apporté à la navigation une amélioration considérable; les navires à destination de Rouen trouvent aujourd'hui un chenal constamment favorable et un mouillage suffisant. L'exécution des digues se poursuit jusqu'à Berville, en vertu du décret du 12 août 1863. Des ouvrages accessoires restent à entreprendre pour compléter l'amélioration du fleuve et assurer la conservation des digues. Ces travaux feront l'objet d'un nouveau décret.

La Marne forme la tête de la grande ligne de navigation de Paris au Rhin. Cette rivière a été canalisée entre Paris et Dizy. Les travaux consistent dans la construction de treize barrages éclusés et de deux dérivations, celles de Chelles et de Saint-Maurice, indépendamment du canal de Meaux à Chalifert, qui est ouvert depuis plusieurs années. Tous ces ouvrages sont aujourd'hui terminés. On a exécuté, pendant la campagne dernière, les travaux de dragage et de déroctage nécessaires pour élargir le chenal et donner partout la profondeur voulue. La rivière présente maintenant les conditions de navigabilité qu'on s'était proposé de réaliser, c'est-à-dire un chenal de $1^{m},60$ de profondeur avec une largeur minimum de 25 mètres. Il ne reste plus qu'à terminer, comme sur la haute Seine et sur l'Yonne, les passerelles destinées à régulariser la manœuvre des vannes automobiles.

Le canal latéral à la Marne, de Dizy à Vitry, et le canal de la Marne au Rhin, de Vitry à Strasbourg, qui complètent cette grande ligne de navigation, répondent aux besoins de la batellerie; le canal de la Marne au Rhin exige cependant, dans quelques parties et notamment dans le souterrain de Mauvages, des travaux de consolidation, qui se poursuivent pendant le chômage d'hiver, de manière à gêner le moins possible le commerce.

A la ligne de Paris au Rhin se rattachent le canal des houillères de la Sarre, ouvert depuis trois années, mais sur lequel on a exécuté quelques travaux complémentaires, et le canal des salines de l'Est, dont un décret de 5 février 1868 a autorisé l'achèvement.

Sur la ligne de jonction du réseau du Nord avec celui de l'Est, il s'est créé, dès l'ouverture du canal de l'Aisne à la Marne, un

mouvement commercial des plus importants. Aussi paraît-il nécessaire de donner aux voies navigables dont cette ligne se compose un tirant d'eau égal à celui des canaux du Nord. Il sera facile d'obtenir ce résultat sur le canal de l'Aisne à la Marne, dont l'alimentation vient d'être assurée par une prise d'eau faite dans cette dernière rivière. Des projets ont été étudiés pour réaliser également cette amélioration sur l'Aisne canalisée et le canal latéral à l'Aisne, entre Compiègne et l'origine du canal de l'Aisne à la Marne, et enfin sur le canal latéral à la Marne jusqu'à Vitry.

Ces améliorations complètent l'ensemble des mesures projetées dans l'intérêt de l'industrie de la Haute-Marne, que l'ouverture récente du canal de Vitry à Saint Dizier met dès à présent en communication avec les régions de l'Est. Ce dernier canal doit, d'ailleurs, être prolongé jusqu'à Donjeux en vertu du décret du 23 juin 1868; les terrains ont été acquis et les travaux sont en cours d'exécution.

Sur la ligne de Paris à Lyon, la Seine, entre Paris et Montereau, et l'Yonne, entre Montereau et la Roche, origine du canal de Bourgogne, ont été canalisées, en vue de substituer à une navigation intermittente une navigation continue, avec un tirant d'eau constant de 1m,60. Ces travaux comprennent notamment la construction de 12 barrages mobiles avec écluse sur la Seine et de 17 sur l'Yonne. Ces barrages étaient complétement terminés en 1868; mais l'essai qui en a été fait, au mois d'octobre de cette année, a démontré la nécessité d'exécuter divers ouvrages complémentaires, afin d'assurer le fonctionnement régulier des hausses mobiles. Ces nouveaux travaux seront presque entièrement achevés à la fin de la campagne actuelle, sauf les écluses de Port-à-l'Anglais et d'Ablon, qui ne pourront être terminées que dans la campagne prochaine. Au reste, on a tout lieu d'espérer que le commerce sera en jouissance d'une navigation régulière, entre la Roche et Paris, dans le courant de 1870.

En amont de la Roche, des travaux de canalisation, semblables à ceux qui ont été faits en aval, s'exécutent, en vertu d'un décret du 11 juillet 1868, jusqu'à Auxerre, point de jonction de la rivière avec le canal du Nivernais. Cette entreprise a été commencée pendant la campagne de 1869.

L'alimentation du canal de Bourgogne laissait à désirer; il était essentiel d'augmenter les ressources des réservoirs; un décret du 13 août 1864 a autorisé les travaux projetés dans ce but. Ces tra-

vaux ont été poursuivis avec une grande activité dans la campagne dernière et pourront être terminés en 1870.

On a également continué, dans la campagne dernière, les travaux approuvés par les décrets des 6 août 1865 et 12 juin 1867, pour donner à la Saône un tirant d'eau de 1^m,60 entre Saint-Symphorien et Lyon, partie dans laquelle débouchent les canaux du Rhône au Rhin et de Bourgogne. Ces travaux consistent dans la construction de cinq barrages éclusés et de divers ouvrages accessoires. Le barrage de l'Ile-Barbe, le premier en amont de Lyon, est à peu près terminé: il sera complétement achevé dans les premières basses eaux de 1870; celui de Grigny est très-avancé; les trois autres ont été adjugés. Plusieurs mauvais passages entre Saint-Symphorien et Verdun ont été améliorés. Ces différents travaux recevront, en 1870, une grande activité, de manière à hâter le plus possible le moment où la batellerie sera mise en jouissance du tirant d'eau normal.

La ligne du Rhône au Rhin a reçu déjà d'importantes améliorations sur la branche comprise entre Mulhouse et Strasbourg; les écluses ont été allongées et le tirant d'eau de 1^m,60 y a été assuré. Sur le versant de la Saône, des ouvrages considérables ont été autorisés par le décret du 15 mai dernier; ces ouvrages, dont les projets définitifs viennent d'être approuvés et en partie adjugés, seront en pleine activité dans la campagne prochaine: les écluses seront allongées, comme il a été fait sur la branche du Rhin, et le même tirant d'eau sera assuré à la navigation.

Sur la ligne de Lyon à la Méditerranée, les travaux entrepris pour l'amélioration du Rhône, en vertu de décrets rendus depuis 1860, ont pour but de faire successivement disparaître les obstacles que la navigation rencontre sur un grand nombre de passages du fleuve: ces travaux consistent dans la fermeture de faux bras et dans l'exécution de digues basses destinées à concentrer les eaux dans un chenal unique, de manière à procurer à la batellerie le mouillage de 1^m,50 jugé suffisant jusqu'à Arles. L'amélioration des quatre passages les plus difficiles a dès à présent été obtenue, et les travaux s'exécutent ou sont décrétés pour quinze autres passages. Tous les efforts de l'Administration tendent à mettre cette grande ligne en situation de répondre, aussi prochainement que possible, aux besoins du commerce et de la navigation. En aval d'Arles, la navigation du fleuve est maritime : les projets en cours d'exécution ont pour but de donner sur cette partie du fleuve un

tirant d'eau minimum de 2 mètres. Ces travaux ont reçu une grande impulsion dans la campagne dernière.

Les travaux du canal Saint-Louis rencontrent de grandes difficultés; deux entreprises ont dû être successivement résiliées; malgré des obstacles de toute nature, on peut espérer que l'ouverture du canal ne sera pas retardée. Sur un cube total de 2.040.000 mètres à extraire, pour former la cuvette du canal, il ne reste plus à enlever que 300.000 mètres cubes. Les déblais de l'écluse d'accession au Rhône sont terminés; une partie des maçonneries est exécutée. Le projet des portes de cette écluse vient d'être approuvé et va être adjugé. On a tout lieu de penser que le canal pourra être livré à la navigation dans le courant de l'année 1870.

La ligne de la Seine à la Loire n'a pas été négligée; des décrets du 17 juillet dernier ont autorisé l'exécution, sur les canaux du Loing, de Briare et d'Orléans, des ouvrages nécessaires pour leur donner sur tout leur parcours le tirant d'eau de 1m,60. Plusieurs projets viennent d'être adjugés; les entreprises les plus urgentes seront commencées dans la campagne prochaine. Il en sera de même des voies navigables du bassin de la Loire; le canal de Roanne à Digoin et le canal latéral à la Loire exigent diverses améliorations. Les projets ont été préparés; un des plus importants, la construction d'une nouvelle branche de jonction du canal latéral avec celui du Centre, est en cours d'exécution.

Quelques améliorations ont été entreprises sur le canal de Berry; on a étudié les projets d'élargissement des parties à petite section; mais cette entreprise entraînerait une dépense très-considérable, qui n'a pas permis de donner suite jusqu'à présent aux études faites.

L'amélioration de la Loire, d'Orléans à la mer, est une entreprise difficile et dont la réalisation doit donner lieu à des dépenses fort élevées; divers projets ont été étudiés: les uns pour l'essai de barrages mobiles, d'après le système qui va être appliqué à Port-Villez, sur la Seine; les autres en vue d'établissement d'un canal latéral ou plutôt de plusieurs dérivations entre Orléans et Angers. Ce dernier projet a été appuyé des vœux des conseils généraux des départements intéressés. L'Administration n'a pu statuer encore sur une question aussi délicate; des études complémentaires ont été jugées nécessaires; elles se poursuivent en ce moment.

L'amélioration de la Loire maritime, en aval de Nantes, n'a cessé de préoccuper l'Administration; on a exécuté d'importants draga-

ges, considérés comme le complément des digues élevées entre Nantes et l'île Thérèse; la profondeur minimum du chenal a été maintenue à $4^m,40$ en vives eaux dans cette section du fleuve. Le commerce de Nantes a sollicité l'autorisation de faire procéder à l'étude de divers projets, en vue de faciliter la remonte des grands navires jusqu'aux quais de cette ville. Ces études ont été autorisées; elles font en ce moment l'objet d'une instruction sur les suites de laquelle il n'est pas encore possible de se prononcer.

Le réseau des voies navigables du Midi est en grande partie concédé ou affermé; l'Administration n'est investie que d'un droit de contrôle, en ce qui touche notamment les canaux du Lez, de Beaucaire, du Midi et du canal latéral à la Garonne; elle veille à ce que l'entretien de ces canaux et le maintien du tirant d'eau déterminé par les cahiers des charges soient convenablement assurés; elle n'a pas manqué à cette mission et la navigation a été régulièrement maintenue sur ces différentes voies. En dehors de ces canaux, d'importants travaux d'amélioration ont été poursuivis ou commencés sur les fleuves et rivières appartenant au bassin de la Garonne, c'est-à-dire sur la Baïse, le Lot, l'Adour et spécialement sur la Garonne même. Sur la partie de ce fleuve qui s'étend de Castets, embouchure du canal latéral, jusqu'à Bordeaux, des travaux ont été entrepris dans le but d'assurer à la navigation fluviale un tirant d'eau de $1^m,70$; ils consistent en dragages et en amélioration des passages difficiles. Les passes en voie de perfectionnement sont celles de Viole, de Langoiran, de Castets et de Barsac. Quelques dragages ont été également effectués, en amont, dans la partie latérale au canal, afin de répondre aux réclamations de la batellerie, qui cherche à établir un mouvement de navigation sur cette partie supérieure de la rivière.

En aval de Bordeaux, sur la Garonne maritime et sur la Gironde, les travaux entrepris ou projetés ont pour but d'adoucir les passages trop brusques des courants d'une rive à l'autre, de réunir les eaux dans le chenal suivi par la navigation sur les points où elles se partagent en plusieurs bras, de faire disparaître les élargissements trop considérables, et enfin de rétablir la coïncidence entre les chenaux créés par les courants de flot et par ceux de jusant. Le passage du Bec-d'Ambès présente des difficultés spéciales qui commandent la plus grande prudence dans la direction des travaux. Afin de répondre aux préoccupations du commerce, des dragages importants sont entrepris sur ce point. En attendant l'exécution des travaux complémentaires, dont l'étude se poursuit

avec une vive sollicitude, tous les efforts de l'Administration tendent à maintenir le chenal de manière à assurer le passage des grands navires transatlantiques.

Indépendamment des canaux et rivières qui ont été mentionnés comme faisant partie des lignes principales de navigation, plusieurs rivières secondaires ont été l'objet d'améliorations importantes : telles sont la Boutonne, la Charente, l'Isère, la Mayenne, la Sarthe, la Meuse entre Verdun et Sedan, la Sèvre, la Vilaine, la Vire. Il importe de mentionner spécialement la Moselle, dont les travaux de canalisation entre le canal de la Marne au Rhin et la frontière se poursuivent très-activement à l'aide des avances faites par le département de la Moselle en vertu de la loi du 31 juillet 1867.

Parmi les canaux, on citera ceux de la haute Seine, que l'on continue en amont de Troyes ; le canal de la Somme, dont le tirant d'eau sera prochainement assuré à $1^m,60$; le canal du Nivernais, qui continue la navigation de l'Yonne dans la partie supérieure de la vallée, et les canaux de Bretagne, sur lesquels il existe une navigation locale, utile pour le transport des produits agricoles et des engrais.

Enfin, l'Administration s'est préoccupée, conformément aux vœux exprimés par un certain nombre de chambres de commerce et de conseils généraux, du rachat de plusieurs des canaux qui sont encore entre les mains de concessionnaires. Les questions qui se rattachent à ce rachat ont été mises à l'étude, et la commission mixte, instituée par les deux départements des finances et des travaux publics pour l'examen de ces questions, sera prochainement en mesure de soumettre au gouvernement des propositions à ce sujet.

Travaux de défense contre les inondations. — Ces travaux comprennent trois natures d'entreprises distinctes : la réparation des dommages causés par l'inondation de 1866 aux digues et levées dépendant du service de la navigation dans la vallée de la Loire ; l'exécution de travaux complémentaires pour la défense des centres de population, et enfin les ouvrages projetés en vue de protéger les vals. Les premiers travaux peuvent être considérés comme terminés, sauf le règlement des comptes ; les travaux complémentaires de défense des centres de population ont été continués activement, la plupart sont aujourd'hui terminés, les autres le seront sans doute dans la campagne prochaine. Quant

aux travaux de protection des vals, ils soulèvent de nombreuses difficultés; un grand nombre des projets préparés par les ingénieurs ont été soumis aux enquêtes et ont soulevé des objections de diverses natures; la mise à exécution de ces projets ne pourra être commencée qu'après une instruction très-complète, et avec l'assentiment et le concours des populations intéressées; les études et l'instruction se poursuivent.

Ports maritimes. — L'allocation affectée, en 1869, aux travaux d'amélioration des ports maritimes a été répartie entre 48 ports, indépendamment du service des phares et du balisage. Nous mentionnerons les principales entreprises, en suivant l'ordre géographique de la frontière du Nord à celle d'Espagne sur l'Océan, et de celle d'Espagne à celle d'Italie sur la Méditerranée.

Les travaux d'amélioration du port de Dunkerque, autorisés par le décret du 14 juillet 1861 et pour l'exécution desquels la ville fait l'avance à l'État d'une somme de 12 millions, remboursable en douze annuités, à partir de 1870, ont été poursuivis avec toute l'activité qu'ont permis de leur imprimer les ressources disponibles. Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi qu'il suit: circulation directe établie entre les quartiers industriels et la rive droite des bassins de l'arrière-port et du commerce; élargissement des quais des bassins actuels; achèvement du canal de dérivation qui contribue à maintenir le tirant d'eau du port; achèvement très-prochain de la nouvelle enceinte de l'Ouest et des fossés formant réservoir des chasses de ce côté. Enfin, dans une délibération du 21 juin 1869, aux conclusions de laquelle ont adhéré les différents départements ministériels intéressés, la commission mixte des travaux publics a définitivement approuvé le tracé des fronts à la mer et des fronts de l'Est de la nouvelle enceinte de Dunkerque. A cette solution se rattachaient différents ouvrages, qui pourront maintenant recevoir l'impulsion désirable.

A l'aide des premiers fonds avancés par la ville de Gravelines, en vertu de la loi du 20 mai 1868, on a pu acquérir et installer le matériel des travaux autorisés par le décret du 16 septembre 1867, et commencer l'exécution de la digue insubmersible et la jetée de l'Est.

A Dieppe, l'on poursuit activement les travaux de l'écluse de communication entre le bassin Duquesne et la retenue. Cet ouvrage est maintenant à hauteur et on achève la pose du dallage du couronnement. Enfin on a commencé, dans cette campagne, la

fondation d'un mur de quai dans la retenue. Ce travail sera terminé l'année prochaine.

Les travaux dont l'exécution a été autorisée au port du Havre, par le décret du 13 août 1864, touchent à leur terme. La darse nord du bassin de la citadelle est achevée et tous les murs de quai qui en forment le pourtour sont élevés. Le déblayement de la darse sud sera terminé en 1869, ainsi que les murs de quai. L'écluse de communication entre la darse nord et le bassin de l'Eure est finie, sauf quelques raccordements sans importance. Deux des formes de radoub sont couronnées et la troisième sera achevée à la fin de la campagne. Enfin les services du génie militaire et de l'artillerie sont à la veille de terminer les principales constructions qui doivent remplacer les établissements de l'ancienne citadelle. Ces améliorations ne sont pas les seules que réclamait le commerce. Les grands paquebots transatlantiques rencontrent de sérieuses difficultés pour effectuer leurs mouvements dans le chenal et dans l'avant-port. Il est indispensable de remédier à cet état de choses. D'un autre côté, le trafic toujours croissant du port nécessite l'achèvement des murs de quai du bassin de l'Eure et de la partie du bassin Vauban restée à l'état de lacune. L'ensemble des dépenses comprises dans un nouveau programme, arrêté en principe, peut être évalué à 14 millions de francs; l'instruction des différents projets compris dans ce programme est presque terminée, et le conseil d'Etat pourra être saisi prochainement du projet de décret à intervenir pour la réalisation de ces nouvelles améliorations.

La question d'achèvement du bassin à flot en construction dans l'anse qui sépare les villes de Saint-Malo et de Saint-Servan est toujours à l'étude. Le projet dressé par les ingénieurs, en vue de répondre aux observations de la ville de Saint-Malo, a fait l'objet d'une enquête. Ce projet a ensuite été soumis au conseil des travaux de la marine, et le conseil général des ponts et chaussées va en être saisi. Tout fait espérer que la solution définitive des difficultés qui ont motivé la suspension des travaux sera prochainement obtenue.

Les travaux projetés dans l'anse de Porstrein pour la construction du port Napoléon, à Brest, comprennent un port à marée et un bassin à flot. Cette importante entreprise comporte une dépense totale de 23.250 000 francs, à laquelle la ville participe pour 1 million. Le port à marée est approfondi sur 25 hectares, c'est-à-dire sur les cinq huitièmes du projet approuvé. Les deux rampes d'accès à la ville et à la gare du chemin de fer, ainsi que la jetée de l'Ouest, sont complétement terminées. La jetée de l'Est est élevée

au-dessus des hautes mers sur une longueur suffisante pour assurer l'abri du port. Quelques perrés seulement restent à faire à la jetée du Sud. Une longueur de quai de 1.500 mètres est livrée au commerce et une superficie de terre-plein de 26 hectares est à sa hauteur définitive. Enfin les quais à grande profondeur (7^m,50 d'eau à basse mer), formant une longueur de 600 mètres environ, dans le bassiu du Nord-Est, sont achevés, sauf le parement, qui sera terminé l'année prochaine. Les projets définitifs du bassin à flot sont en voie de préparation.

Les travaux autorisés, par le décret du 5 août 1861, pour la construction du bassin de Penhoët à Saint-Nazaire, se poursuivent avec toute l'activité que permettent de leur imprimer les allocations budgétaires annuelles. Cet important ouvrage, dont la dépense est évaluée à 18.500.000 francs, doit être mis en communication avec le bassin à flot actuel, au moyen d'une écluse à sas de 25 mètres de largeur et de 140 mètres de longueur entre les portes. Cet ouvrage est disposé de manière à servir de forme de radoub provisoire, en attendant l'achèvement du bassin de Penhoët et des formes comprises dans le programme des travaux à exécuter.

A Nantes, le pont de la Bourse sera terminé et livré au public au commencement de 1870.

Les travaux autorisés, par le décret du 6 mai 1865, pour la protection d'une vaste étendue de terrains riverains de la baie de l'Aiguillon, touchent à leur terme; l'œuvre resterait inachevée, si on ne la poursuivait en remontant le Lay sur une partie de la côte, aujourd'hui gravement compromise; le conseil d'État est saisi du projet de décret à intervenir pour autoriser cette nouvelle entreprise.

On continue, aussi activement que le permettent les ressources disponibles et les difficultés de l'œuvre, la défense de la pointe de Grave, à l'embouchure de la Gironde. Des travaux complémentaires sont indispensables; on dresse le projet de ces travaux.

A Bordeaux, on a poursuivi l'amélioration des quais des Chartrons et des Baccalans. La première partie, comprise entre les cales Finwinck et la rue Payenne, sera terminée en 1870; l'entreprise du bassin à flot, dont la construction a été autorisée par le décret du 17 janvier 1867, est en pleine activité. Les indemnités de terrains sont réglées et les travaux sont commencés. Sur les 10 millions de francs dont la chambre de commerce doit faire l'avance à l'État, en vertu de la loi du 20 mai 1868, 4 millions ont été versés et dépensés en 1869.

A Bayonne, le mur de quai de la place d'Armes et les escaliers

sont terminés jusqu'au-dessous du niveau du couronnement; le quai pourra être livré au commerce dans le courant de 1870.

On continue la pose des tubes en fonte qui doivent remplacer les jetées à claire-voie de l'embouchure de l'Adour.

A Biarritz, l'expérience a démontré qu'il fallait renoncer, pour la construction des jetées qui doivent constituer le port, à l'emploi des blocs naturels. Des travaux importants ont été exécutés, en 1869, pour l'installation de chantiers de blocs factices.

Les travaux en cours d'exécution pour la création d'une rade de refuge à Saint-Jean-de-Luz ont déjà procuré d'utiles résultats; les ouvrages terminés ont résisté et leur effet d'abritement est déjà très-sensible dans la rade.

Les travaux d'achèvement des murs de quai sur le prolongement du canal maritime à Cette sont en pleine activité; les blocs de fondation sont tous construits. Les fouilles du quai Ouest sont terminées sur moitié de leur longueur et très-avancées sur le reste. Le feu de la passe d'entrée du nouveau bassin va être installé.

Le creusement à 6 mètres de profondeur du canal de Bouc à Martigues touche à son terme. Cette entreprise sera achevée en 1870.

Les travaux autorisés, par le décret du 29 août 1863, pour la création d'instruments de radoub dans le port de Marseille, sont exécutés par l'État, avec le concours de la compagnie des docks, qui demeure chargée de l'exploitation de ces appareils. Ces travaux seront terminés dans le courant de 1870 et assureront, dans les meilleures conditions possibles, la réparation des nombreux navires qui fréquentent le port. Cet achèvement permettra de rendre à sa destination le canal établi, sous le fort Saint-Jean, pour mettre l'ancien port en communication avec les nouveaux bassins, et qui, depuis douze ans, est occupé par deux formes de radoub improvisées en 1857. Après la fermeture de la passe Ouest du bassin Impérial, qui aura lieu dans les premiers mois de 1870, le port de Marseille possédera une surface de bassins de 130 hectares et un développement de quais de 12 kilomètres. La surface des bassins suffit aux mouvements du commerce; mais il n'en est pas de même du développement des quais, qu'il est indispensable d'augmenter. Une autre question, non moins importante à résoudre, est celle de la sécurité à donner aux bassins d'opération. En première ligne, s'imposait la fermeture de la passe Ouest du bassin Impérial, qui, maintenue, rendait impossible les chargements et les déchargements. Enfin l'expérience a démontré que les bassins ont des dimensions trop grandes et qu'en y établissant des môles in-

térieurs, on remédierait à cet inconvénient en même temps que l'on créerait de nouveaux quais Un avant-projet des ouvrages à exécuter pour réaliser les différentes améliorations ci-dessus mentionnées est à l'instruction.

Les travaux du prolongement du môle extérieur du port de Nice sont en pleine activité. Quant à la construction de la jetée de Menton, le projet définitif a été approuvé et l'entreprise vient d'être adjugée.

Les travaux du nouveau port en construction dans l'anse Saint-Nicolas, à Bastia, se poursuivent dans de bonnes conditions. On termine en ce moment le massif du pan coupé ; la superstructure de ce massif sera achevée pendant l'hiver.

L'entreprise de la jetée d'Ajaccio continue à bien marcher ; cet ouvrage a été exécuté sur 176 mètres de longueur.

Phares et balises. — La campagne a été très-fructueuse, grâce aux circonstances atmosphériques qui se sont montrées presque exceptionnellement favorables. Dans le Nord, on a mouillé un troisième feu flottant et neuf bouées en dehors des bancs de Dunkerque. Un phare en tôle de premier ordre a été installé sur les Roches-Douvres (Côtes-du-Nord) ; on a continué les travaux du phare des Pierres-Noires (Finistère). Dans ce même département, à l'extrémité de la chaussée de Sein, on a entrepris avec succès les travaux de balisage de la Roche Ar-Men, travail regardé d'abord comme impraticable et qu'on a espoir de mener à bonne fin. Dans la Charente-Inférieure, quatre nouveaux feux de direction ont été installés à l'embouchure de la Charente. Un nouveau phare a été installé sur les dunes de Palingre. A l'embouchure de la Gironde, on signalera l'allumage d'un feu flottant, l'achèvement du balisage de la rivière, l'installation d'un nouveau phare à Richard et de quatre feux de direction aux abords de Pauillac. Enfin, dans la Corse, l'on construit une tour balise en maçonnerie sur l'écueil de Lavezzi. Les travaux de fondation présentaient les plus grandes difficultés ; ils sont terminés, et la tour s'élève à 2^{m},60 au-dessus du niveau de la mer.

Travaux d'amélioration agricole. — Les grands travaux d'amélioration agricole, exécutés sur les fonds du ministère des travaux publics, s'étendent sur les départements de l'Ain (Dombes), du Cher, du Loiret et de Loir-et-Cher (Sologne) ; de la Corse, de la Dordogne (Double) et de l'Indre (Brenne), des Landes, de la Loire-Inférieure, de Lot-et-Garonne.

Ain (Dombes). — La Dombes était depuis longues années signalée pour son insalubrité, causée par la multiplicité des étangs, dont les eaux répandaient des miasmes pestilentiels et entretenaient à l'état endémique des fièvres paludéennes. Il a fallu, pour transformer les cultures, faire pénétrer en Dombes les amendements calcaires, y faciliter la circulation des habitants et l'exportation des produits agricoles; de là l'établissement d'un réseau de routes agricoles dont les terrains sont fournis et les terrassements faits par les communes, l'État prenant à sa charge l'exécution des œuvres d'art et l'empierrement des chaussées. Sur 242 kilomètres décrétés le 2 avril 1862, il ne reste plus qu'une lacune de 9 kilomètres et demi. Une mise en demeure a été adressée aux communes qui ont à livrer les terrains et les terrassements de cette dernière lacune.

Un réseau complémentaire de 122 kilomètres a été décrété le 15 mai 1869, à la demande du conseil général du département; mais la période d'exécution par l'État n'est pas encore commencée.

En outre, la loi du 18 avril 1863 a assuré le desséchement de 6,000 hectares d'étangs insalubres, en ratifiant le traité conclu à cet effet avec la compagnie du chemin de fer de Sathonay à Bourg. Au 1er octobre dernier, la surface desséchée et mise en culture était de 3.350 hectares, et, à la fin de 1869, la somme payée sera de 650.000 francs sur le montant total de la subvention qui a été fixée par la loi à 1.500.000 francs.

Cher, *Loiret*, *Loir-et-Cher* (Sologne). — Comme la Dombes, la Sologne était renommée pour son insalubrité. Ici encore, l'administration a entrepris l'établissement d'un réseau de routes agricoles; elle a, en outre, ouvert un canal qui s'étend de Blancafort à la Mothe-Beuvron, où il se raccorde avec le chemin de fer du Centre, et qui fera pénétrer dans la contrée les marnes dont il traverse d'importants gisements.

Sur le réseau des routes agricoles de la Sologne, décrété le 15 octobre 1861, il existait une lacune de 28 kilomètres, à défaut de livraison des terrains par les communes intéressées. Le tracé a été modifié par décret du 5 mai 1869, et les travaux sont aujourd'hui adjugés; le décret de 1861 aura ainsi reçu sa complète exécution et bientôt l'ensemble des routes agricoles de la Sologne sera à l'état d'entretien; déjà même une partie d'entre elles est rendue aux départements intéressés et entretenue à leurs frais.

Certaines parties de la contrée étaient restées privées du bienfait des routes agricoles; un décret du 17 mars 1869 en a complété le

réseau, en autorisant l'exécution de nouvelles routes d'une longueur totale de 110 kilomètres. Les travaux sont déjà adjugés pour quelques-unes de ces nouvelles routes.

Le canal de la Sauldre est terminé, mais son raccordement avec le chemin de fer du Centre a donné lieu à certaines difficultés. Les enquêtes ont été ouvertes et, sous peu, un décret sera provoqué pour déclarer d'utilité publique le projet qui est encore à l'étude.

Corse. — Le Gouvernement a pensé que, dans toutes les contrées où il existe soit une insalubrité notoire, soit un défaut à peu près complet de culture, il était indispensable que l'État intervînt directement, pour combattre un mal séculaire contre lequel les efforts individuels avaient été impuissants. A ce double titre, la Corse devait appeler spécialement son attention.

Déjà plus de 500 hectares de marais ont été desséchés; les deux villes de Calvi et de Saint-Florent ont vu améliorer leur état sanitaire, et celle de Porto-Vecchio diminuer son insalubrité.

Un canal de la Casinca, destiné à l'irrigation de 1.500 hectares, a été ouvert, mais le défaut de bras ne permet pas d'en retirer tout le profit désirable. Aujourd'hui les deux opérations principales sont en cours d'exécution.

Le canal de la Gravona, destiné à l'irrigation des terres et à l'alimentation de la ville d'Ajaccio en eau potable, a été déclaré d'utilité publique le 31 décembre 1862. Une section du canal est terminée, et les travaux sont en bonne voie dans les autres sections.

L'assainissement de la plaine de la Casinca est évalué à 400.000 fr.: Ce travail, commencé à la fin de 1867, paraît devoir être terminé dans la campagne de 1870.

On continue à établir des fontaines publiques pour desservir les routes impériales et forestières, ainsi que les ports de l'île.

Dordogne (Double). — La contrée de la Double a dû être assainie comme la Dombes et la Sologne; les routes agricoles, d'une longueur de 86 kilomètres, sont terminées et à l'état d'entretien, à la seule exception de la route n° 2, dont les travaux sont en bonne voie et seront prochainement terminés.

Les difficultés qui arrêtent le desséchement des étangs ne sont pas encore surmontées; les mesures à prendre pour constituer les intéressés en syndicat sont encore à l'étude dans le département.

Indre (Brenne). — Sur les douze routes agricoles décrétées le 29 février 1860, quatre sont déjà remises au département et entre-

tenues à ses frais; les autres sont à l'entretien. Toutefois, il existait encore deux lacunes; mais, pour l'une, les terrains ont été livrés par les communes, et les travaux sont en cours d'exécution; pour l'autre, les communes seront prochainement en mesure de fournir les terrains, et les travaux seront commencés dans le courant de 1870.

Landes (Grandes Landes). — Les routes agricoles des Landes de Gascogne, qui s'étendent sur les deux départements des Landes et de la Gironde, sont terminées : celles de la Gironde sont remises au département et entretenues par lui; celles du département des Landes sont encore entretenues pour moitié par l'État, en vertu de la loi du 12 juillet 1865. La contribution du Trésor, qui va s'amoindrissant d'année en année, doit prendre fin en 1874.

Loire-Inférieure. — Les souffrances des salines de l'Ouest, dont les produits subissent la concurrence des salines du Midi et de l'Est, ont rendu nécessaire l'intervention de l'État. Déjà, dans le bassin de Guérande, trois routes d'une longueur de 14 kilomètres, destinées à faciliter l'exploitation des salines, ont été décrétées le 15 août 1867. Les travaux sont en cours d'exécution sur deux routes; les adjudications sont passées pour la troisième et les travaux vont commencer. Sur d'autres points des côtes de l'Ouest, d'autres améliorations sont à l'étude.

Lot-et-Garonne (Petites Landes). — Déjà 34 kilomètres de routes agricoles ont été établis dans les petites Landes, en vertu du décret du 25 août 1861. Ces routes sont remises au département et entretenues sur le budget départemental. 18 kilomètres de nouvelles routes ont été décrétés le 18 mai 1867; les travaux marchent convenablement et seront terminés en 1870.

MISE EN VALEUR DES COMMUNAUX. — La reconnaissance des marais et terres incultes appartenant aux communes, et à mettre en valeur conformément à la loi du 28 juillet 1860, est terminée dans 79 départements; elle se poursuit régulièrement dans 10 autres.

Le nombre des projets actuellement exécutés est de 42, s'appliquant à 1.[illegible]95 hectares, dont la plus-value est estimée à plus de 540.000 francs. Le nombre total des projets de mise en valeur des communaux est de 1.065, embrassant une superficie de 20.236 hectares. Le coût de ces travaux s'élève à 1.441.844 francs, et la plus-value n'est pas évaluée à une somme inférieure à 9 millions de francs.

Les heureux résultats obtenus par l'application que les communes font volontairement de la loi du 28 juillet 1860 sont si bien reconnus que l'Administration n'a que très-rarement à user des droits coercitifs que la loi lui confère. Trois affaires de ce genre sont en ce moment à l'instruction.

Usines. — En ce qui touche les cours d'eau du domaine public, pendant l'année 1869. 34 décrets impériaux sont intervenus, savoir : 25 pour régler des usines, 6 pour autoriser des prises d'eau industrielles, et 3 pour autoriser des villes à effectuer des prises d'eau destinées à l'alimentation de fontaines publiques. D'un autre côté, en ce qui concerne les cours d'eau non navigables ni flottables, les préfets ont continué, par application du décret de décentralisation du 25 mars 1852, à statuer sur les autorisations de nouvelles usines ou sur la réglementation des anciennes, et l'action de l'autorité préfectorale n'a donné lieu qu'à 7 recours devant le Ministre, sur lesquels il a été statué par arrêtés ministériels.

Irrigations. — Les irrigations, si importantes pour le développement de la richesse agricole, continuent à suivre une marche progressive. Cinq nouveaux canaux d'arrosage, d'une longueur de près de 70 kilomètres et destinés à la fertilisation de plus de 20.000 hectares, ont été décrétés en 1869, et de nombreuses études sont entreprises sur divers points de l'Empire.

Aujourd'hui, 37 entreprises d'irrigation sont décrétées et s'exécutent avec l'aide de subventions qui sont allouées par l'Administration, dans des proportions variant en général du quart aux deux tiers de la dépense, suivant la richesse ou la pénurie des contrées où elles se poursuivent.

Parmi ces entreprises, qui s'appliquent à une superficie de plus de 115.000 hectares, les plus importantes sont les suivantes :

Hautes-Pyrénées (Canal de la Neste). — On doit citer en premier lieu le canal de la Neste, exécuté directement aux frais de l'État en vertu de la loi du 31 mai 1846, et dont la dépense est évaluée à 6 millions; il est destiné à alimenter, pendant les sécheresses, les cours d'eau qui prennent leur origine au plateau de Lannemezan. Des réservoirs sont projetés en montagne, pour emmagasiner des eaux destinées à augmenter les ressources alimentaires. Le canal principal est terminé et les travaux d'entretien n'ont amené aucun mécompte. L'expropriation des terrains à occuper pour le réservoir de l'Oredon est terminée; le jury a rendu sa décision, le

22 août dernier. L'ouverture des rigoles destinées à mettre le canal de la Neste en communication avec plusieurs des cours d'eau qu'il doit alimenter vient d'être mise en adjudication. Les jugements d'expropriation sont rendus dans le département des Hautes-Pyrénées; l'instruction se poursuit dans le département de la Haute-Garonne.

Haute-Garonne (canal de Saint-Martory). — La loi du 31 mai 1846 avait prescrit l'exécution du canal de Saint-Martory à Toulouse, comme canal de navigation et d'irrigation à la fois. Le décret du 4 mai 1864 a décidé que ce canal serait exclusivement affecté à l'arrosage, et un décret postérieur, du 16 mai 1866, l'a concédé à une compagnie, moyennant l'allocation d'une subvention de 3.000.000 de francs destinée à la création du canal principal. Cette partie de l'entreprise sera terminée durant la campagne prochaine; c'est alors que la compagnie concessionnaire devra ouvrir les canaux secondaires, suivant les demandes d'arrosage.

Hautes-Alpes. — Le canal de Gap, dérivé de la rivière du Drac et destiné à l'irrigation de 4.000 hectares, est en voie d'achèvement; mais la dépense a dépassé de beaucoup les prévisions. Il fallait franchir le faîte qui sépare la vallée du Drac de la plaine de Gap, et deux souterrains d'une étendue totale de 4 kilomètres ont dû être exécutés dans ce but. Ces ouvrages sont aujourd'hui terminés, et le canal principal touche au terme de son achèvement. Il reste à exécuter les branches secondaires et les rigoles de distribution.

Alpes-Maritimes. — Le canal de la Siagne est achevé en ce qui touche la ville de Cannes; mais la branche d'Antibes n'est pas encore exécutée. Les jaugeages destinés à régler définitivement le volume d'eau qui sera affecté à ce canal sont parvenus à l'administration, et un décret réglementaire ne tardera pas à intervenir pour résoudre cette question.

Bouches-du-Rhône. — Le canal du Verdon s'achève, mais avec une notable augmentation de dépense. Le canal principal est terminé; la branche secondaire qui conduira les eaux à la ville d'Aix est à peu près achevée. Les travaux d'art, ponts, aqueducs, sont construits; les souterrains sont percés; mais il reste encore à compléter quelques travaux d'étanchement et de revêtement, et

à terminer diverses branches secondaires : un effort considérable de la part de la compagnie concessionnaire et le concours de l'État sont encore nécessaires pour arriver au but.

Loire (canal du Forez). — Les travaux de cette entreprise sont divisés en trois lots. Sur les deux premiers, le canal principal a été mis en eau avec un entier succès, et les membres du conseil général de la Loire, dans leur dernière session, ont pu parcourir en bateau une partie du canal. Dans le troisième lot, les travaux sont complétement terminés sur environ moitié de la longueur. L'entreprise marche régulièrement et le succès en est assuré.

CHEMINS DE FER.

Le réseau des chemins de fer se décomposait ainsi qu'il suit, au 31 décembre 1868 :

	kilom.
Lignes concédées à titre définitif.	21.131
Lignes concédées à titre éventuel.	979
Total des lignes concédées.	22.110
Lignes classées et non concédées.	1.790
Total général.	23.900

Dans le cours de l'année 1869, ces chiffres ont subi les modifications suivantes :

Six chemins, d'une longueur totale de 246 kilomètres, concédés éventuellement en vertu de conventions antérieures à 1869, ont été l'objet de concessions définitives.

Ce sont :

Les chemins de Boissy-Saint-Léger à Brie-Comte-Robert (compagnie de l'Est);

Le chemin de Libourne à Bergerac et celui de Saint-Éloi à la ligne de Commentry à Gannat (compagnie d'Orléans);

La ligne de Grenoble à Gap (compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée);

L'embranchement de Condom à Port-Sainte-Marie (compagnie du Midi);

Le chemin de la Rochelle à Rochefort (compagnie des Charentes).

La longueur des concessions éventuelles antérieures à 1869 s'est trouvée ainsi réduite à 733 kilomètres, et la longueur des lignes concédées définitivement a été portée à 21.377 kilomètres.

En outre, trois lois, votées dans le cours de l'année 1869, ont sanctionné les conventions passées, d'une part, avec la compagnie du Nord, d'autre part, avec la compagnie du Nord-Est, représentée par MM. de Melun, W. de Mérode, Louis Dupont et consorts, et enfin avec MM. Mangini frères.

Les concessions comprises dans ces conventions sont les suivantes :

COMPAGNIE DU NORD. — LOI DU 22 MAI 1869.

	kilom.
Arras à Etaples	98
Béthune à Abbeville	88
Luzarches à la ligne de Saint-Denis à Pontoise	24
Total	210

COMPAGNIE DU NORD-EST. — LOI DU 22 MAI 1869.

	A TITRE définitif.	A TITRE éventuel.
Lille à Comines	16	»
Tourcoing à Menin	11	»
Gravelines à Watten	19	»
Boulogne à Saint-Omer	58	»
Saint-Omer à Berguette	»	22
Berguette à Armentières	»	35
Dunkerque à Calais, par Gravelines	»	42
Somain à Roubaix et Tourcoing, par Orchies et Cysoing	»	42
Erquelines à Fourmies ou à Anor	»	35
Chauny à la ligne de Soissons à Laon, près Anizy	»	15 (1)
	104	191
Total	295	

(1) Non compris 7 kilomètres empruntés à la ligne de Chauny à Saint-Gobain.

COMPAGNIE MANGINI FRÈRES. — LOI DU 8 MAI 1869.

Lyon à Montbrison . . . . 72 kilom.

Enfin la ligne de Lérouville à Sedan, classée par la loi du 18 juillet 1868, a été mise en adjudication, en vertu d'un décret du 7 avril 1869 et en exécution de l'article 6 de la loi précitée du 18 juillet 1868. MM. Lebon et Otlet, adjudicataires, ont vu leur concession ratifiée par décret du 21 août 1869.

Cette ligne a une étendue de 130 kilomètres.

L'ensemble du réseau s'est trouvé ainsi accru de 516 kilomètres concédés à titre définitif et de 191 kilomètres, concédés à titre éventuel.

L'ensemble des concessions définitives se trouverait ainsi porté au chiffre de 21.893 kilomètres, et le total des concessions éventuelles à celui de 924 kilomètres.

Mais il convient de retrancher du chiffre des concessions définitives une longueur de 6 kilomètres afférente à la ligne d'Aire à Berguette, laquelle se trouve comprise à la fois dans les concessions éventuelles de la compagnie du Nord-Est et parmi les concessions définitives antérieures à 1869; la longueur effective des lignes concédées à titre définitif se trouve ainsi fixée à 21,887 kilomètres.

Quant aux lignes classées en vertu de la loi du 18 juillet 1868, cinq d'entre elles, d'une longueur totale de 407 kilomètres, figurent au nombre des chemins concédés dans le courant de l'année 1869 et mentionnés ci-dessus ; ce sont les chemins :

D'Arras à Étaples,
De Béthune à Abbeville,
De Gravelines à Watten,
De Lyon à Montbrison,
Et de Lérouville à Sedan.

De sorte que la longueur des lignes classées et non concédées se trouve réduite à 1.383 kilomètres.

Dès lors, la situation générale au 31 décembre 1869 peut se résumer comme il suit :

	kilom.
Lignes concédées à titre définitif	21.887
Lignes concédées à titre éventuel	924
Ensemble	22.811
Lignes classées et non concédées	1.383
Total	24.194

D'un autre côté, le Gouvernement a concédé provisoirement deux lignes faisant partie du réseau classé par la loi du 18 juillet 1868 :

Celle d'Orléans à Châlons-sur-Marne, d'une longueur de 247 kilomètres, dont l'adjudication, autorisée par décret du 29 mai 1869, a eu lieu le 10 août suivant ;

Et celle de Bressuire à Monts, près Tours, d'une longueur de 118 kilomètres, au sujet de laquelle une convention vient d'être passée avec la compagnie de la Vendée, par application de l'article 1er du cahier des charges annexé au décret du 15 septembre 1862, qui

assurait à cette compagnie un droit de préférence à conditions égales pour la concession de la ligne dirigée de Bressuire vers Tours.

Ces concessions seront soumises, dans la session prochaine, à l'approbation du Corps législatif.

La répartition, entre les diverses compagnies, des lignes concédées jusqu'à ce jour, est indiquée dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION des compagnies.	ANCIEN réseau.	NOUVEAU réseau.	TOTAL.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
Nord	1.173	651	1.824
Est	990	2.169	3.159
Ouest	900	1.993	2.893
Orléans	2.017	2.340	4.357
Paris-Lyon-Méditerranée	4.334	1.878	6.212
Midi	796	1.770	2.566
Ceinture (rive droite)	17	»	17
Charentes	617	»	617
Vendée	121	»	121
Diverses	1.045 (1)	»	1.045
Totaux	12.010	10.801	22.811

(1) Savoir :

	kilom.
Nord-Est	295
Lerouville à Sedan	130
Médoc	98
Vitré à Fougères	82
Lyon à Montbrison	72
Epinac à Velars	55
Sathonay à Bourg	51
14 compagnies diverses	262
Total égal	1.045

La longueur totale des lignes livrées à l'exploitation au 31 décembre 1868 s'élevait à 16,237 kilomètres.

L'ensemble des sections ouvertes pendant l'année 1869 comprendra 683 kilomètres, savoir :

Compagnie	Section	km	Total
Nord	Aulnoy à Anor	31	77
	Laon à Vervins	38	
	Hirson à Anor	8	
Est	Mézières à Hirson	55	94
	Cernay à Sentheim	14	
	Sainte-Menehould à Aubreville	19	
	Bolwiller à Guebwiller	6	
Ouest	Batignolles à Courcelles		2
Orléans	Libourne à Castillon	18	182
	Tours à Vierzon	104	
	Libos à Cahors	51	
	Penne à Villeneuve-d'Agen	9	
	A reporter		355

	Report.		355
Paris-Lyon-Méditerranée.	Clermont à Pont-de-Dore	33	141
	Digoin à Moulins	55	
	Saint-Rambert à Annonay	19	
	Monaco à Menton	9	
	Meyzargues à Aix	25	
Midi	Paulhan à Montpellier	41	153
	Castres à Albi	47	
	Auch à Vic-en-Bigorre	65	
Charentes	Beillant à Pons		14
Médoc	Macau à Moulins		13
Lille à Béthune et à Bully-Grenay	Fives à la Porte-des-Postes		4
Armentières	A la frontière belge		3
	Total pareil		683

Au 31 décembre 1869, la longueur totale du réseau exploité se trouvera donc portée au chiffre de 16.920 kilomètres, et la longueur restant à construire sur l'ensemble des lignes concédées sera de 5.891 kilomètres.

Ces chiffres se répartissent comme suit entre les compagnies concessionnaires :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR exploitée.	LONGUEUR à construire.	TOTAL.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
Nord	1.511	313	1.824
Est	2.776	383	3.159
Ouest	2.215	678	2.893
Orléans	3.895	462	4.357
Paris-Lyon-Méditerranée	4.180	2.032	6.212
Midi	1.870	696	2.566
Ceinture (rive droite)	17	»	17
Charentes	152	465	617
Vendée	36	85	121
Diverses	268	777	1.045
Totaux	16.920	5.891	22.811

Enfin, au point de vue de la division en ancien et en nouveau réseau, cette situation est représentée par les chiffres ci-après :

	ANCIEN réseau.	NOUVEAU réseau.	TOTAL.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
Lignes exploitées	9.894	7.026	16.920
Lignes à construire	2.116	3.775	5.891
Totaux	12.010	10.801	22.811

Les dépenses faites et à faire pour l'achèvement de l'ensemble des chemins de fer concédés à titre, soit définitif, soit éventuel, y compris les travaux complémentaires à exécuter dans un délai de dix ans, en vertu des conventions de 1868, peuvent être évaluées ainsi qu'il suit :

	francs.
Subventions du Trésor	1.713.748.921
Dépenses des compagnies	8.573.047.200
Total	10.286.796.121

En ce qui concerne la subvention de l'État, le chiffre énoncé ci-dessus se décompose de la manière suivante :

COMPAGNIES.	LONGUEUR.	SUBVENTIONS totales.	SUBVENTIONS par kilomètre.
	kilomètres.	francs.	francs.
Nord	1.824	17.663.112	9.683
Est	3.159	203.930.820	64.555
Ouest	2.893	283.658.837	98.050
Orléans	4.357	367.661.170	84.384
Paris-Lyon-Méditerranée	6.068	478.754.862	78.898
Le Rhône au mont Cenis	144	26.100.000	181.250
Midi	2.566	252.050.116	98.226
Ceinture (rive droite)	17	8.274.800	486.753
Charentes	617	53.595.000	86.864
Vendée	121	14.160.000	117.025
Compagnies diverses	1.045	30.494.000(*)	29.180
Études	»	7.268.875	»
Totaux et moyennes	22.811	1.743.611.592	76.437

(*) Savoir :

Sathonay à Bourg	3.750.000
Perpignan à Prades	1.999.000
Vitré à Fougères	4.300.000
Lérouville à Sedan	8.445.000
Lyon à Montbrison	12.000.000
Total pareil	30.494.000

Sur le chiffre total de 1.713.748.921 francs, une somme de 1.088.577.888 francs est payable, soit en travaux, soit en capital, et une somme de 625.171.033 francs est payable en annuités, dont le nombre varie de 87 à 92 et qui doivent s'éteindre en 1957.

Sur le montant des subventions payables en capital, il reste à solder, à partir du 1er janvier 1870, une somme de 88.561.010 fr.

Quant aux annuités, le montant des payements faits à la même époque depuis l'exercice 1863 est de 84.853.657 francs, savoir :

	francs.
Avant 1865.	3.107.680
En 1865.	15.437.576
En 1866.	15.506.387
En 1867.	16.090.624
En 1868.	16.207.821
En 1869.	18.503.569
Somme égale. .	84.853.657

En ce qui concerne les compagnies, les dépenses faites et à faire se répartissent comme suit, par réseau.

COMPAGNIES.	LONGUEUR totale.	ANCIEN réseau.	NOUVEAU réseau.	ENSEMBLE.
	kilom.	francs.	francs.	francs.
Nord.	1.824	600.000 000	200.000.000	800.000.000
Est.	3.159	365.000.000	872.000.000	1.237.000.000
Ouest.	2.893	425.000.000	843.000.000	1.268.000.000
Orléans.	4.357	514.000.000	854.000.000	1.368.000.000
Paris-Lyon-Méditerranée.	6.068	2.120.000.000	637.000.000	2.757.000.000
Le Rhône au mont Cenis.	144	»	66.867.000	66.867.000
Midi.	2.566	325.000.000	456.000.000	781.000.000
Ceinture (rivedroite). . .	17	12.044.500	»	12 044.500
Charentes.	617	70.353.900	»	70.353.900
Nord-Est.	295	43.500.000	»	43.500.000
Vendée.	121	20.000.000	»	20.000.000
Compagnies diverses. . .	750	149.781.800	»	149.281.800
Totaux.	22.811	4.644.180.000	3.928.867.000	8.573.047.200

Au 31 décembre 1869, les dépenses faites par les compagnies, ainsi que celles restant à faire à partir du 1er janvier 1870, pour l'achèvement du réseau concédé, non compris les subventions de l'État, sont évaluées ainsi qu'il suit :

COMPAGNIES.	DÉPENSES faites au 31 décembre 1869.	DÉPENSES à faire au 1er janvier 1870.	TOTAL.
	francs.	francs.	francs.
Nord	676.376.400	123.623.600	800.000.000
Est	1.078.302.800	158.697.200	1.237.000.000
Ouest	981.369.100	286.630.900	1.268.000.000
Orléans	1.242.719.900	125.280.100	1.368.000.000
Paris-Lyon-Méditerranée	2.259.859.600	497.140.400	2.757.000.000
Le Rhône au mont Cenis	48.316.900	18.550.100	66.867.000
Midi	619.864.200	161.135.800	781.000.000
Ceinture (rive droite)	11.229.600	814.900	12.044.500
Charentes	37.267 600	33.086.300	70.353.900
Vendée	12.165.300	7.834.700	20.000.000
Nord-Est	»	43.500.000	43.500.000
Compagnies diverses	71.765.400	77.516.400	149.281.800
Totaux	7.039.236.800	1.533.810.400	8.573.047.200

Ces totaux se répartissent ainsi qu'il suit entre les deux réseaux :

	ANCIEN réseau.	NOUVEAU réseau.	TOTAL.
	francs.	francs.	francs.
Dépenses faites	4.128.205.600	2.911.031.200	7.039.236.800
Dépenses à faire	515.974.600	1.017.835.800	1.533.810.400
Totaux	4.600.680.200	3.972 367.000	8.573.047.200

En comparant les dépenses aux longueurs, on trouve les chiffres suivants pour la moyenne de la dépense kilométrique faite ou à faire par les compagnies :

	francs.
Pour l'ancien réseau	383.071
Pour le nouveau réseau	367.778
Moyenne générale	375.829

Les subventions de l'Etat s'élevant moyennement par kilomètre à 75.128 francs, la moyenne générale de la dépense kilométrique de l'ensemble des chemins de fer, y compris les travaux complémentaires à exécuter dans une période de dix ans, sera de 450.957 francs.

Chemins de fer d'intérêt local. — Le réseau des chemins de fer d'intérêt local a continué de s'accroître en même temps que s'est développé celui des lignes d'intérêt général.

A la fin de 1868, la longueur des lignes concédées dans les conditions de la loi du 12 juillet 1865 était de 1,005 kilomètres, et les subventions accordées pour leur exécution, sur les fonds du Trésor, s'élevaient à la somme totale de 22.170.034 francs, soit en moyenne 22.060 francs par kilomètre.

Cette situation se décomposait de la manière suivante :

DÉPARTEMENTS.	LONGUEUR.	SUBVENTION totale.	SUBVENTION par kilomètre.
	kilomètres.	francs.	francs.
Ain	91	3.261.868	35.845
Ardennes	57	1.400.000	24.561
Eure	106	1.280.000	12.075
Hérault	177	3.410.000	19.265
Jura	9	200.000	22.222
Marne	96	1.550.000	16.146
Meurthe	112	2.100.000	18.750
Moselle	15	264.000	17.600
Orne	14	375.000	26.786
Pas-de-Calais	6	50.000	8.333
Rhin (Bas-)	19	380.000	20.000
Rhin (Haut-)	37	1.960.000	52.973
Rhône	13	112.500	8.654
Saône-et-Loire	121	2.125.000	17.562
Sarthe	73	2.690.000	36.849
Seine-Inférieure	3	»	»
Seine-et-Oise	10	120.000	12.000
Vosges	46	891.666	19.384
Totaux et moyenne.	1.005	22.170.034	Moyenne 22.060

En 1869, le réseau des chemins de fer de cette catégorie concédés et décrétés s'est accru de 470,500 mètres, et le chiffre des allocations accordées sur les fonds du trésor pour cet objet s'est élevé à 7.488.768f,58, savoir :

DÉPARTEMENTS.	LONGUEUR.	SUBVENTION totale.	SUBVENTION par kilomètre.
	kilom.	francs.	francs.
Charente	21	435.000	20.715
Eure	128	1.594.875	12.412
Eure-et-Loir	91	1.137.500	12.500
Gironde	26	500.000	19.230
Moselle	31	700.000	22.580
Rhin (Bas-)	13	452.294	34.945
Somme	160	2.669.099	16.681
Totaux et moyenne	470	7.488.768	Moyenne 15.917

Ce qui donne un total de 1.475 kilomètres, avec subvention de 29,658,802 francs.

Le montant des subventions déjà payées sur les fonds du Trésor, pour l'exécution de ces diverses lignes, qui s'élevait pour l'exercice 1868 à 2.732.500 francs, a atteint en 1869 le chiffre de 4.436.900 francs. Ces résultats témoignent de l'activité avec laquelle sont conduites ces entreprises, puisque, la subvention ne représentant en moyenne que le tiers de la dépense, celle-ci a dû s'élever en totalité à 13.310.700 francs.

Cinq des lignes ci-dessus mentionnées sont déjà livrées, soit en totalité, soit en partie, à l'exploitation.

Ces lignes sont les suivantes :

DÉPARTEMENTS.	DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR.
		kilom.
Eure	Montfort à Pont-Audemer	15
Id.	Pont-de-l'Arche à Gisors et embranchement sur le port de Poses	53
Rhin (Haut-)	Munster à Colmar	19
Rhône	Belleville à Beaujeu	12
Eure	Gisors à Vernonnet	36
	Total	135

Exploitation des chemins de fer. — L'exploitation des voies ferrées doit être examinée au double point de vue de la sécurité publique et des intérêts commerciaux.

Dans l'ordre des faits qui se rattachent à la sécurité de la circulation, nous citerons, comme le plus intéressant, l'emploi régulier

de la contre-vapeur pour modérer la vit[...] [...]l-
cente des pentes. Le renversement de l[...]
d'arrêt, était depuis longtemps connu; [...]
ficile, souvent dangereuse et presque to[...]
de la locomotive, n'était pratiquée qu'[...]
On est aujourd'hui parvenu, au moyen[...]
nieuse et sans compromettre la conserva[...]
servir de la contre-vapeur, non-seulement comme [...]
tresse, mais encore et surtout comme résistance permanen[...]
régulière, permettant aux trains de parcourir sans danger les pentes les plus rapides. Déjà certaines compagnies ont installé l'appareil nouveau sur la plupart de leurs locomotives; il est probable que les autres compagnies suivront cet exemple et que bientôt la mesure sera à peu près générale.

Le dernier exposé de la situation de l'empire constatait la diminution du nombre des accidents de trains et le peu de gravité de ceux qui s'étaient produits pendant l'année 1868. La statistique de 1869 est, sous ce rapport, plus rassurante encore. Deux voyageurs seulement et quatre agents des compagnies ont perdu la vie par le fait de l'exploitation.

L'un des voyageurs a été tué sur le chemin de fer du Nord, près de la station de Cattenières, par un poteau télégraphique, mal assujetti dans un train de marchandises croisant le train de voyageurs; l'autre a été victime d'une collision survenue entre deux trains, à la station de Mondragon, sur la ligne de Paris à Marseille.

Des collisions moins graves et quelques déraillements ont eu lieu aussi sur les chemins que nous venons de citer et sur les autres réseaux; mais ces divers accidents n'ont eu, pour les voyageurs d'autres suites que des blessures ou des contusions.

En résumé, deux voyageurs et quatre agents des compagnies tués, 112 voyageurs et 61 agents blessés ou contusionnés, tels sont les résultats des accidents de trains pendant les dix premiers mois de l'année courante.

Il importe de faire remarquer, comme toujours, que ces chiffres ne comprennent pas les voyageurs et les agents qui ont été victimes d'accidents individuels, dus à leur imprudence ou à la violation des règlements.

Réduite même à de semblables limites, cette statistique ne laisse pas, sans doute, que d'être douloureuse; mais elle n'est pas de nature à inspirer de sérieuses inquiétudes, si on la compare à celle des accidents qui se produisent sur les autres voies de communication, et si l'on tient compte surtout de l'énorme mouvement de

la circulation par les trains de chemins de fer. Ainsi 90 millions de voyageurs environ ont emprunté les voies ferrées du 1er janvier au 31 octobre 1869 ; en rapprochant ce chiffre du nombre de voyageurs tués ou blessés, on trouve 1 voyageur tué sur 45 millions et 1 voyageur blessé sur plus de 800.000. Cette dernière proportion serait beaucoup plus faible, si l'on ne comptait que les blessures, à l'exclusion des simples contusions.

Aucun fait saillant ne s'est manifesté dans l'exploitation commerciale. Les réclamations du public tendent à diminuer; les litiges entre les commerçants et les compagnies se terminent le plus souvent par des transactions amiables.

Quant aux résultats du trafic, ils ne sont pas encore relevés pour 1869; on est donc réduit à faire connaître, quant à présent, ceux de l'exercice 1868.

Pendant cet exercice, la longueur moyenne des chemins de fer exploités a été de 15.821 kilomètres.

Le nombre total des voyageurs s'est élevé à 105.017.972 et la distance moyenne parcourue a été de 37 kilomètres, ce qui équivaut à 3.900.000.000 voyageurs transportés à 1 kilomètre.

Le tonnage des marchandises de petite vitesse a été de 42.078.415 tonnes, leur parcours moyen de 150 kilomètres, soit 6.300.000.000 tonnes ramenées au parcours de 1 kilomètre.

Les recettes brutes se sont élevées, pour les voyageurs, non compris l'impôt du dixième, à 211.241.170 francs; pour les marchandises de petite vitesse, à 385.376.845 francs et, pour les produits divers de la grande et de la petite vitesse, à 78.646.264 francs; en tout 675.264.279 francs, soit 42.700 francs par kilomètre pour l'ensemble des réseaux.

Enfin le tarif moyen kilométrique ressort, pour les voyageurs, à 5c,42 par personne, et, pour les marchandises, à 6c,11 par tonne.

En comparant ces chiffres à ceux de l'exercice 1867, on reconnaît que les recettes de 1868 présentent, pour le service des voyageurs, une diminution de plus de 17 millions de francs, bien que le nombre des voyageurs ait quelque peu augmenté. Ce résultat, ainsi qu'on le faisait remarquer dans le précédent exposé de la situation de l'empire, paraît devoir être attribué à la fermeture de l'Exposition universelle, qui, en supprimant les voyages à grande distance, a réduit de 4 kilomètres le parcours moyen et, par suite, diminué le produit.

Quant au prix moyen kilométrique, il est à peu près resté le même pour les voyageurs ; mais il a augmenté de dix millimes

pour les marchandises. Cette augmentation, peu importante d'ailleurs, est due aux causes qui ont été déjà signalées l'année dernière, savoir : les difficultés d'exploitation de certaines sections du nouveau réseau et l'ouverture de quelques lignes isolées, dont le parcours restreint ne se prête pas aux abaissements de tarif appliqués sur les grands réseaux.

Quoi qu'il en soit, si l'on se reportait à dix ans en arrière, on trouverait que, dans cette période, le prix moyen kilométrique des marchandises s'est abaissé de 1 centime, 10, et que cette réduction, combinée avec le tonnage de 1868, représente une différence de plus de 69 millions de francs au profit de l'industrie et du commerce.

RÉSUMÉ. — La situation générale des travaux extraordinaires des ponts et chaussées, décrétés antérieurement à 1870, peut se résumer de la manière suivante :

	CRÉDITS de 1869.	DÉPENSES restant à faire au 1er janvier 1870.
	francs.	francs.
Lacunes des routes impériales	4.400.000	26.159.500
Rectifications des routes impériales	3.000.000	22.432.800
Routes impériales de la Corse	800.000	2.907.900
Routes forestières de la Corse	300.000	2.667.800
Grands ponts	3.000.000	7.910.500
Rivières	15.000.000	55.576.045
Canaux	8.000.000	16.695.000
Ports et phares	15.000.000	78.053.500
Travaux de défense contre les inondations	3.900.000	2.810.000
Service hydraulique	5.000.000	16.931.359
Assainissement des marais communaux	100.000	100.000
Totaux	58.500.000	232.244.704
Si l'on déduit du total des dépenses à faire au 1er janvier 1870 les crédits votés pour cet exercice, soit		41.080.000
On trouve, pour les dépenses à faire au 1er janvier 1871		191.164.704

En ce qui concerne les chemins de fer, la situation se résume ainsi qu'il suit :

	CRÉDITS de 1869.	DÉPENSES restant à faire au 1er janvier 1870.
	francs.	francs.
Travaux exécutés par l'État dans les conditions de la loi de 1842.	4.200.000	36.620.077
Subventions aux compagnies de chemins de fer, payables en capital.	6.000.000	49.296.569
Subventions pour chemins de fer d'intérêt local.	3.800.000	24.704.203
Totaux.	14.000.000	110.620.849
En déduisant du total des dépenses à faire au 1er janvier 1870 les crédits de 1870, ci.		12.660.750
On trouve, pour les dépenses à faire au 1er janvier 1871, la somme de.		97.960.099

Il reste, en outre, à pourvoir au payement des subventions remboursables en annuités. Le montant de ces annuités s'élèvera :

	francs.
En 1869, à.	22.795.150
Et en 1870, à.	28.792.680

INDUSTRIE MINÉRALE.

Les renseignements sur la situation de l'industrie minérale ne peuvent comprendre que les dix premiers mois de l'année 1869; toutefois, en tenant compte des faits connus à ce jour et des enseignements de l'expérience des années antérieures, on peut, dès maintenant, apprécier que la production des mines de combustibles, malgré les circonstances difficiles qu'un certain nombre d'exploitations ont eu à traverser, surpassera, d'une manière notable, la production de 1868 et atteindra 131 millions de quintaux métriques, tandis qu'en 1868, elle dépassait à peine 128 millions.

Le prix moyen du quintal métrique sur le carreau des mines, pour toute l'étendue de l'Empire, ne dépassera probablement pas 1 fr. 15 c. Ce prix était, en 1868, de 1 fr. 20 c. environ : il y aura donc eu réduction de 5 centimes de 1868 à 1869; cette réduction, minime encore, peut être attribuée en grande partie à une diminution des prix des charbons dans le bassin de Valenciennes, pendant les premiers mois de l'année.

Les chiffres ci-dessus, comparés avec ceux de l'année 1859, la dernière de la période décennale antérieure, et pendant laquelle l'extraction était seulement de 76,810,676 quintaux métriques et

le prix moyen de 1 fr. 21 c., donnent un accroissement de près de 75 p. o/o, en même temps qu'une diminution du prix moyen sur le carreau des mines (malgré le renchérissement de la main-d'œuvre), de 6 centimes par quintal métrique.

On a pu constater, pendant l'année 1869, une amélioration sensible dans la situation des usines à fer. Les commandes y arrivent en grand nombre et le travail y paraît assuré pour longtemps.

Fontes. — La production des fontes au combustible végétal, tant en fonte brute pour affinage ou pour moulage en seconde fusion qu'en fonte de moulage de première fusion, peut être évaluée, d'après les chiffres de fabrication des mois déjà connus, à 1,408,000 quintaux métriques, valant ensemble 19,524,000 francs; celle des fontes fabriquées avec un mélange de combustible végétal et de combustible minéral, à 682,000 quintaux métriques, valant 8,463,000 francs, et celle des fontes au combustible minéral, à 11,473,000 quintaux métriques, valant 100,268,000 francs. La production totale, pour toute la France, ne sera donc pas inférieure à 13,563,000 quintaux métriques, valant ensemble 128,255,000 fr.

En 1868, le chiffre annoncé pour la production totale de la fonte était de 12,133,900 quintaux métriques, valant 114,232,000 fr. Il y a donc, de 1869 sur 1868, une augmentation de 1,429,000 quintaux métriques dans la production et de 14 millions dans la valeur produite; en même temps, le prix moyen de la tonne de fonte, qui n'était que de 94 fr. 10 cent., s'est élevé à 94 fr. 50 cent.

Comparée en outre avec la production de l'année 1859, qui était de 8,643,993 quintaux métriques, la production de 1869 fait ressortir un accroissement de plus de moitié, dans la production de la fonte en France pendant une période de dix années.

Il convient, d'ailleurs, de remarquer que la diminution qui avait affecté d'une manière presque continue d'année en année, de 1859 à 1868, la production des fontes obtenues tant au charbon de bois qu'à l'aide du coke et du charbon de bois mélangés, n'a point fait de nouveaux progrès en 1869. Les prix se sont maintenus, en général, à un taux plus élevé et, dans certains centres industriels, la tendance à la hausse paraît encore exister.

Fers. — Le chiffre de la fabrication des fers, pendant la campagne de 1869, peut être évalué :

Pour les fers au bois, à 366,000 quintaux métriques, valant 12,554,000 francs;

Pour les fers aux combustibles mélangés, à 228,000 quintaux métriques, d'une valeur de 8,375,000 francs;

Pour les fers au combustible minéral, à 8,895,000 quintaux métriques, d'une valeur de 190,061,000 francs;

Ensemble : 9,487,000 quintaux métriques, d'une valeur de 210,990,000 francs.

En 1868, la fabrication ne paraît s'être élevée qu'à 8,035,600 quintaux métriques, d'une valeur de 151,923,000 francs. Il y aurait donc, en 1869, un excédant de production de 1,451,400 quintaux métriques et une augmentation de valeur de plus de 35 millions.

Si l'on remonte encore à l'année 1859, on trouve qu'à cette époque, la quantité de fer fabriqué au combustible végétal ou mélangé de combustible minéral était de 1,057,595 quintaux métriques; le poids des fers à la houille ne dépassait pas 4.276.218 quintaux métriques, et la production totale de la France était évaluée à 5,333,813 quintaux métriques.

Ainsi, de 1859 à 1869, si le poids des fers fabriqués au combustible végétal seul ou mélangé a diminué de 465,000 quintaux, le poids des fers au combustible minéral a augmenté de 4,617,000 quintaux, c'est-à-dire que, dans l'espace de dix années, la production totale des fers en France s'est accrue de plus de 75 p. o/o.

Les prix des fers, comme ceux des fontes, se sont en général bien soutenus pendant l'année 1869 et, si les prix des fers au bois ne se sont point notablement relevés dans quelques groupes métallurgiques, partout les transactions ont été nombreuses et ont manifesté une tendance de l'industrie à sortir de l'état de malaise où elle se trouvait en 1867.

Les autres branches de l'industrie minérale sont d'une moindre importance; l'administration réunit cependant, chaque année, les renseignements relatifs à leur production.

Les deux tableaux suivants présentent ceux qui se rapportent à la dernière année exactement connue, soit à l'année 1867.

Le premier de ces tableaux se rapporte aux produits extraits des mines autres que les mines de houille, des minières et des tourbières; le second concerne les produits fabriqués dans les usines métallurgiques.

1° *Valeur des produits extraits des exploitations minérales autres que les mines de houille.*

NATURE DES PRODUITS.	VALEUR TOTALE sur les lieux d'exploitation.
	francs.
Tourbe	3.816.000
Minerai de fer	12.807.457
Pyrite de fer	659.556
Minerai de cuivre	1.729.801
— de plomb et argent	3.009.325
— d'antimoine	19.457
— de manganèse	283.933
— de zinc	206.339
— de bitume	854.195
Sel marin	11.071.642
Total	34.457,705

2° *Valeur des produits obtenus dans les usines métallurgiques, autres que les hauts fourneaux et les grosses forges, et dans les fabriques d'huiles minérales et de produits bitumineux.*

NATURE DES PRODUITS.	VALEUR des produits dans les usines.
	francs.
Tôle	46.159.000
Fil de fer	23.593.000
Acier de forge	2.051.100
— puddlé et acier Bessemer	33.925.421
— de cémentation	2.166.140
— fondu	12.418.510
Tôle d'acier	780.600
Cuivre et laiton	46.507.269
Zinc	2.273.250
Plomb et litharge	13.213.077
Argent	8.995.797
Or	2.530.596
Etain	712.500
Aluminium	127.500
Huiles minérales	1.293.892
Produits bitumineux	1.618.083
Total	197.362.738

Le dernier compte rendu des travaux de l'administration des mines, qui a été publié en 1867, a fait connaître le nombre et l'importance des appareils à vapeur qui existaient, en 1864, dans les établissements industriels de l'empire.

D'après les derniers renseignements recueillis par les ingénieurs, on comptait, au 1er janvier 1868, en dehors des chemins de fer et des bateaux à vapeur, 25.372 chaudières calorifères ou récipients de vapeur, 27.573 chaudières motrices et 23.450 machines d'une force de 289.676 chevaux-vapeur, réparties entre 19.887 établissements industriels.

Le nombre des machines locomotives employées sur les chemins de fer était de 4.367, et les appareils fixes qui donnaient le mouvement aux ateliers de réparation, aux pompes des prises d'eau, etc., se composaient de 788 chaudières et de 735 machines de la force de 4.539 chevaux-vapeur.

Enfin il existait, sur les bateaux de toute sorte autres que les bâtiments de guerre, 793 chaudières et 883 machines d'une force de 59,279 chevaux.

En résumé, il y avait en France, à l'époque ci-dessus, 29.435 machines de la force de 790.194 chevaux-vapeur et, comme on estime la puissance d'un cheval-vapeur égale à celle de 3 chevaux de trait ou de 21 hommes de peine, on peut évaluer la force disponible mise au service de l'industrie par la vapeur à celle de 2.370.582 chevaux de trait ou de 16.594.074 hommes de peine, c'est-à-dire du double environ de tous les hommes en état de travailler qui existent actuellement en France.

En 1858, le nombre des machines à vapeur employées dans toute la France s'élevait à 14.989, représentant une puissance de 449.421 chevaux-vapeur; on voit donc qu'en dix ans, le nombre des machines et leur puissance ont presque doublé.

Les recherches de mines ont continué d'occuper l'attention des industriels et des capitalistes; le résultat de ces recherches a conduit à instituer, pendant les dix premiers mois de l'année 1869, dix-huit concessions nouvelles, d'une superficie totale de 65 kilomètres carrés, 37 hectares, 56 ares, savoir :

Sept concessions de mines de combustible, d'une étendue de 1.505 hectares, 94 ares, dont cinq dans le département des Hautes-Alpes et une dans chacun des départements de l'Hérault et de l'Isère;

Sept concessions de mines de fer, d'une surface totale de 2.471 hectares, dont quatre dans le département de la Meurthe et trois dans le département de la Moselle;

Une concession de mines de plomb, argent et autres métaux, d'une superficie de 934h,62, dans le département de l'Ariége;

Une concession de mines de plomb argentifère, d'une étendue de 1.401 hectares, dans le département du Puy-de-Dôme;

Deux concessions de mines de roches bitumeuses et asphaltiques, d'une surface de 225 hectares, situées l'une et l'autre dans le département de la Haute-Savoie.

Il a été, d'ailleurs, pendant la même période, renoncé à deux concessions de mines de fer dans les départements de la Moselle et de la Haute-Saône : ces concessions ne pouvaient donner lieu ni l'une ni l'autre à une exploitation utile.

Les demandes de concession en cours d'instruction sont au nombre de 102, dont 36 s'appliquent à des mines de combustible, 28 à des mines de fer et 38 à des mines de substances diverses.

En résumé, il existait sur le territoire de l'Empire, au 1er novembre 1869, 1.236 concessions de mines, embrassant dans leur ensemble une superficie de 10.465 kilomètres carrés 95 hectares, savoir :

	Concessions.	Kilomètres.	Hectares.
Houille	623	2 707	90
Fer	266	1 301	22
Substances minérales autres que la houille et le fer	347	6 456	83

Toutes les concessions ci-dessus, instituées conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810 sur les mines, forment, dans les mains de ceux qui en sont titulaires, de véritables propriétés de droit commun disponibles et transmissibles comme tous autres biens, soumises seulement dans leur exploitation à certaines règles destinées à garantir la conservation du gîte minéral, la solidité des travaux et surtout la sûreté des ouvriers.

Les règlements généraux sur les mines prescrivent que chacun des accidents qui arrivent dans une mine soit constaté par un procès-verbal régulier de l'ingénieur et qu'un double de ce procès-verbal soit envoyé au procureur impérial, avec le rapport de l'ingénieur qui l'a dressé. L'administration supérieure est elle-même toujours avertie et, dès que l'accident a quelque gravité, elle s'occupe d'en faire rechercher les causes avec l'attention la plus scrupuleuse; des rapports détaillés sont, s'il y a lieu, demandés aux ingénieurs, et ces rapports sont ensuite placés sous les yeux du conseil général des mines, qui étudie, dans tous leurs détails, les circonstances de l'accident, constate, le cas échéant, les vices de l'exploitation ou les imprudences qui ont pu être commises, et

indique les mesures de précaution à prendre pour en prévenir le retour.

Dans ces derniers temps toutefois, les accidents d'une certaine gravité et surtout les accidents dus à des explosions de grisou se sont multipliés dans les mines de houille exploitées sur notre territoire; ces accidents, sans doute, sont loin d'avoir atteint des proportions aussi considérables que ceux qui se sont produits, depuis quelques années, dans divers pays étrangers, mais ils devaient néanmoins appeler toute la sollicitude de l'Administration supérieure, et, dès le 30 septembre dernier, les ingénieurs des mines étaient invités sur tous les points du territoire à se livrer à une enquête sur les causes du mal et sur les moyens d'y remédier; cette enquête se poursuit, avec toute la célérité que comporte une matière aussi délicate, et rien ne sera négligé pour mettre les ouvriers mineurs autant que possible à l'abri de ces sinistres.

Dans le courant de 1869, une modification importante a été apportée à la réglementation qui régit l'exploitation des carrières.

Jusqu'ici, dans tous les règlements de carrières, les propriétaires qui voulaient exploiter des carrières à ciel ouvert étaient tenus d'en faire la déclaration à l'autorité, aussi bien que ceux qui se proposaient d'ouvrir des carrières souterraines. La loi du 21 avril 1810 avait cependant établi des règles différentes pour les carrières à ciel ouvert et pour les carrières souterraines : tandis qu'elle dispensait expressément les premières de la formalité de la permission, elle appliquait aux secondes toute une partie de la législation spéciale aux mines.

Le Conseil général des mines et, avec lui, le Conseil d'État ont pensé qu'on pouvait sans inconvénient affranchir l'exploitation des carrières à ciel ouvert de la déclaration préalable et que la surveillance de l'autorité locale suffirait pour prévenir les conséquences de cette liberté nouvelle, donnée aux propriétaires qui ont des carrières à exploiter.

L'administration suivra, d'ailleurs, avec la plus sérieuse attention les résultats de ces premiers essais, et elle serait toujours à même de pourvoir aux dangers qu'ils lui paraîtraient présenter pour la sécurité publique.

LÉGISLATION SAXONNE.

Une des législations minérales les plus récentes est, sans contredit, celle du royaume de Saxe, promulguée le 16 juin 1868; à la vérité, les lois antérieures n'étaient pas bien anciennes, puisqu'elles dataient de 1822 et de 1851, mais elles n'offraient pas l'avantage d'unité que nous possédons, à un si haut degré, dans notre loi du 21 avril 1810. Cependant, il faut bien l'avouer, la loi française est incomplète, sous plusieurs rapports, et il y aurait peut-être lieu de refondre aujourd'hui, dans un seul acte, des dispositions qui ont été successivement édictées. J'espère que, si ce travail venait à se faire, on trouverait quelques renseignements utiles dans les traductions que j'ai publiées ici même, des législations minérales de l'Allemagne moderne, sur l'invitation de M. l'ingénieur en chef Lamé Fleury, secrétaire du Conseil général des mines, qui a bien voulu m'aider encore de ses conseils pour le présent travail.

J'ai suivi, du reste, dans cette étude, le même plan que dans les deux premières. Ainsi je mets en tête du texte une analyse méthodique, qui permet d'en saisir rapidement l'esprit; j'ai utilisé également, comme dans le cas de la loi autrichienne, l'ordonnance royale rendue pour l'exécution de la loi saxonne (*).

Cette loi du 16 juin 1868 remplace donc une loi du 22 mai 1851, exclusivement relative aux mines concessibles (*Regalbergbau*), c'est-à-dire aux mines métalliques, et un mandement royal (*Mandat*), du 10 septembre 1822, relatif à l'exploitation des houilles et des lignites (**). La législation des mines concessibles n'a subi qu'une simple révision, sans changement important. Les conditions légales de l'exploitation des combustibles minéraux sont, au con-

---

(*) Elle est datée du 2 décembre 1868.

(**) Un mandement, du 2 avril 1830, également cité dans l'ordonnance de promulgation de la loi de 1868, n'a d'autre objet que d'étendre à la Lusace supérieure les dispositions du mandement du 10 septembre 1822.

traire, profondément modifiées, comme je vais l'expliquer plus loin.

Dans la séparation des minéraux exclus du droit de libre disposition par le propriétaire du sol et de ceux qui font partie intégrante de la propriété superficiaire, la loi saxonne diffère, d'une manière remarquable, non seulement de la loi française, mais encore des récentes lois autrichienne (*) et prussienne (**). Tandis que les minéraux utilisables par leur teneur en métaux sont seuls, avec le sel gemme et les sources salées, déclarés concessibles, tous les autres minéraux, y compris les charbons de terre de toute nature, appartiennent aux propriétaires des terrains dans lesquels ils se rencontrent (§§ 1 et 4). Par une anomalie dont la raison se trouve probablement dans leur mode d'exploitation superficielle, les minerais de fer de marais (***) ne sont pas non plus compris parmi les minéraux concessibles (§ 180).

— Au point de vue de l'intérêt public, il semble que les charbons de terre eussent été mieux placés au nombre de ces derniers; mais on n'a probablement pas voulu dépouiller le propriétaire du sol des droits que lui assurait l'ancienne législation. Il y a plus, la nouvelle loi l'affranchit même des servitudes qui pesaient sur lui.

En effet, aux termes du mandement de 1822, les gîtes de combustibles minéraux appartiennent au propriétaire du sol ; mais, faute par lui d'exploiter, le droit d'exploitation peut être conféré administrativement à des tiers. Voici les articles essentiels de ce mandement :

§ 1. — Les gîtes de houille sont une dépendance du fonds dans lequel ils se trouvent; mais tout possesseur (****) d'un tel fonds est tenu d'exploiter lesdits gîtes ou de céder la faculté de les exploiter aux tiers qui se présentent.

§ 2. — Celui qui veut, dans un fonds appartenant à autrui, reprendre une exploitation houillère déjà commencée, puis abandonnée, ou rechercher des gîtes de houille non encore découverts, doit en faire la déclaration à l'administration des mines (*Bergamt*) du district. Celle-ci est tenue, après avoir requis l'autorité locale (*****), d'examiner, dans une délibération à laquelle

(*) *Annales des mines*, 6e série, partie administrative, 1869, p. 239.

(**) *Ibidem*, 1868, p. 81.

(***) *Raseneisenstein*.

(****) *Besitzer*, propriétaire ou usufruitier.

(*****) C'est-à-dire après avoir notifié la déclaration à l'autorité locale et avoir invité cette autorité à prendre part à la délibération indiquée.

prennent part le possesseur du fonds et l'auteur de la déclaration, s'il y a lieu de compter sur une exploitation utile.

« Dans le cas où l'espoir d'une exploitation utile est trouvé fondé, l'autorité locale met le possesseur du fonds en demeure de commencer les travaux, dans le délai d'un an, ou de céder son droit à autrui, en l'avertissant qu'au cas contraire, l'autorisation d'exploiter sera accordée à des tiers.

« § 5. — Lorsque le possesseur d'un terrain déclare expressément ne vouloir faire aucun usage de son droit d'exploiter la houille existant sous ce terrain ou, lorsqu'après avoir été, conformément à l'article 2, mis en demeure, par l'autorité locale, d'exploiter ou de céder ce droit à autrui, il a laissé écouler le délai d'un an sans se conformer à cette mise en demeure, le ministère des finances peut, sur le rapport de l'administration des mines, accorder à des tiers l'autorisation d'exploiter.

« Toutefois cette autorisation n'est accordée que dans les cas où, après un soigneux examen des conditions de l'affaire en elle-même et des circonstances locales, il y a lieu de considérer l'exploitation de la houille comme rationnelle.

« § 7. — L'exploitant autorisé est tenu de livrer sans frais au propriétaire du sol, à titre de redevance foncière, la dixième partie des houilles extraites de son terrain. »

Ces dispositions étaient tout au moins, depuis très-longtemps, tombées en désuétude et la nouvelle loi, en affranchissant le propriétaire du sol de toute servitude, ne fait que consacrer l'état de choses existant.

Quoi qu'il en soit, une partie des prescriptions de la présente loi s'applique à l'exploitation des mines de charbon comme à celle des mines métalliques, tandis qu'une autre partie ne concerne que ces dernières; j'aurai soin, dans ce qui va suivre, de signaler ces différences essentielles.

Les prescriptions de la loi saxonne de 1868 s'appliquent aux mines exploitées pour le compte de l'État (§ 6).

— Les dispositions spécialement relatives aux recherches ne concernent que les minéraux métalliques. Les travaux d'exploration ne peuvent être exécutés qu'avec l'autorisation de l'administration des mines, donnée pour un périmètre déterminé, dont l'étendue ne peut dépasser 400.000 mètres quarrés (100.000 *lachter* quarrés), et pour une durée d'un an, avec prorogation possible de six mois. — Cette autorisation constitue, pour l'explorateur qui en est muni, un droit exclusif de recherche dans le périmètre fixé (§ § 18 à 20).

Le consentement formel du propriétaire du sol n'est nécessaire, en pareil cas, que pour les travaux projetés sous les édifices ou dans un rayon de 40 mètres (20 *lachter*) ou plus, selon l'appréciation de l'administration des mines, ainsi que dans les cours et dans les parcs et jardins clôturés. Les recherches, à opérer sous les établissements publics ou dans leur voisinage, ne sont autorisées qu'après un examen fait en commun par l'administration des mines et l'autorité locale (§ 22).

Dans un périmètre concédé, il ne peut être donné de permission de recherches que pour les minéraux non compris dans la concession.

L'explorateur doit présenter sa permission à l'autorité locale et au propriétaire du sol, avant de commencer ses travaux, et déposer, si la demande lui en est faite, une caution pour les dommages éventuels. Les questions d'indemnité se règlent à l'égard des explorations comme à l'égard des exploitations (§ § 25, 26 et 27).

Les minéraux concessibles mais non concédés, extraits par des travaux de recherche, deviennent la propriété de l'explorateur: à l'égard des minéraux non concessibles, celui-ci est dans le même cas que l'exploitant de mine.

L'explorateur doit prendre, dans l'exécution de ses travaux, les mesures de sécurité convenables et remblayer les ouvertures lorsqu'il les abandonne (§ 30).

Les permissions de recherche, d'une durée de plus d'un an, ou les prorogations de permission peuvent être révoquées, si les travaux ne sont pas poussés avec l'activité voulue.

Enfin l'explorateur a, pendant la durée de sa permission, un privilége pour l'obtention des concessions dans son périmètre de recherche (§ 37).

— Pour obtenir une concession, il faut adresser une demande à l'administration des mines: cette demande ne peut, en général, recevoir une suite que si le demandeur prouve l'existence d'un gisement pouvant renfermer au moins un minéral métallique. Dans le cas où cette preuve paraît de nature à pouvoir être faite, mais seulement au prix de difficultés extraordinaires, l'administration peut dispenser le demandeur de la faire.

En dehors du privilége de l'explorateur signalé plus haut, la préférence pour l'obtention d'une concession de mine appartient à la demande la plus ancienne. Plusieurs demandes simultanées donnent lieu à l'institution d'une concession commune à tous les demandeurs.

Les prescriptions de la loi saxonne, comme celles de la loi autrichienne, fournissent des garanties aux explorateurs sérieux. Mais on remarquera que la loi saxonne ne reconnaît à l'auteur d'une découverte faite accidentellement, ni le droit de préférence que la loi prussienne accorde à tous les inventeurs, ni l'indemnité que prévoit en leur faveur la loi française. La loi saxonne ne contient rien d'analogue aux articles 14 et 16 de cette dernière.

L'instruction de la demande en concession est très-simple. L'administration des mines seule en demeure chargée, c'est à elle d'examiner si les droits des tiers pourraient être lésés et d'en avertir le demandeur; elle doit, en général, statuer dans un délai de deux mois, après avoir procédé, en présence des tiers intéressés, à une reconnaissance des limites du périmètre demandé.

L'acte de concession contient: le nom du concessionnaire, — les noms des minéraux concédés, — l'indication des limites du périmètre concédé et la grandeur de la surface comprise, — enfin le nom de la concession.

Les périmètres de concession sont limités à la surface par des lignes droites et à l'intérieur de la terre par des plans verticaux, menés à une profondeur indéfinie. L'étendue, au choix du demandeur (aucun maximum n'étant fixé à cet égard), est estimée, au point de vue des redevances dues à l'état, en unités de mesure, — qui sont, pour les concessions de minéraux superficiels (jusqu'au rocher solide), de 40.000 mètres carrés (10.000 *lachter* carrés), pour toutes les autres mines, de 4.000 mètres carrés (1.000 *lachter* carrés) et enfin, pour les haldes ou résidus d'anciens lavages, de 400.000 mètres carrés (100.000 *lachter* carrés). Le concessionnaire peut toujours demander le bornage officiel de la concession à ses frais; les concessionnaires voisins et les propriétaires fonciers intéressés sont invités à assister à cette opération, pour présenter leurs observations.

— Le propriétaire du sol n'ayant aucun droit sur les mines métalliques, il ne peut être question de redevance tréfoncière à son égard.

Les concessionnaires obtiennent, par l'institution même de la concession, le droit de rechercher, extraire et préparer les minerais métalliques. Ils peuvent ouvrir des travaux de secours dans les terrains non concédés, après avoir averti l'administration des mines.

La propriété d'une concession emporte celle des mines abandonnées qui sont comprises dans son périmètre.

— La recherche et l'exploitation du charbon de terre ne peuvent être entreprises qu'après une déclaration à l'administration des mines. Les exploitants de charbon ont les mêmes droits, sur les minéraux concessibles, mais non concédés, et sur les minéraux non concessibles, que les exploitants des mines métalliques. Quant aux minéraux concessibles et non concédés, les uns et les autres exploitants ont seulement le droit de se les approprier, lorsque ces minéraux ne peuvent être extraits séparément des minéraux concédés ou du charbon de terre ; l'administration des mines est juge de la question de connexité. Lorsqu'un tiers demande une concession de minéraux concessibles et non concédés, les exploitants ont un privilége pour l'obtention de cette concession, pendant un délai de quatre semaines.

Les minéraux non concessibles, que produit l'exploitation d'une mine, n'appartiennent à l'exploitant qu'autant qu'ils sont connexes aux minéraux objet de cette exploitation ou qu'ils sont immédiatement nécessaires à l'exploitant. En dehors de ces cas, ils doivent être remis aux propriétaires de la surface, soit contre le remboursement des frais d'extraction, soit contre le payement de la valeur, fixée à dire d'experts (§§ 46 et 47).

Les droits reconnus aux concessionnaires de mines métalliques, à l'égard des propriétaires de la surface ou d'autres exploitants, n'appartiennent aux exploitants de charbon de terre qu'autant que l'administration, jugeant leurs travaux suffisamment importants et bien aménagés pour une exploitation rationnelle, leur a délivré, en conséquence, un certificat d'exploitation (*) (§ 4). Ces droits et ceux des propriétaires de la surface sont établis dans les sections VII et VIII de la loi.

— Les exploitants de mines peuvent toujours réclamer aux propriétaires de la surface les terrains nécessaires à leur exploitation, pour les objets énumérés au § 122, parmi lesquels je ferai spécialement remarquer les voies ferrées et autres, les conduites d'eau, barrages, étangs et ateliers de préparation mécanique. — Lorsque des raisons majeures d'intérêt public ne s'y opposent pas, les propriétaires de la surface sont tenus, à leur choix et contre indemnité, soit de céder la propriété de leurs terrains à l'entrepreneur de mines, soit d'en permettre l'utilisation temporaire, soit enfin de souffrir l'établissement d'une servitude, en faveur dudit entrepreneur, sur leurs terrains et en dessous.

(*) *Abbauschein.*

L'exploitant peut exiger la cession temporaire d'un terrain, lorsque l'occupation ne doit pas durer plus de trois ans et lorsque ce terrain ne supporte ni édifices, ni établissements industriels ou publics. Il peut exiger l'institution d'une servitude, lorsqu'elle n'entrave pas, d'une manière notable, l'utilisation par le propriétaire du terrain restant (§§ 122 à 124).

En cas de cession temporaire, le terrain doit être restitué à son propriétaire, dès qu'il ne sert plus à l'exploitation et dans l'état primitif. Si cela est impossible, le propriétaire peut exiger le remboursement de la moins-value ou l'acquisition du terrain; et l'entrepreneur de mines doit, s'il en est requis, donner caution à cet effet, au moment de la cession.

Lorsque des constructions ont été faites par l'exploitant sur le terrain d'un propriétaire, celui-ci peut, pendant un délai de six semaines, les acquérir pour leur valeur actuelle. Au delà de ce délai, l'entrepreneur de mine peut demander à acquérir lui-même la propriété du terrain.

Les servitudes instituées dans l'intérêt de l'exploitation des mines doivent disparaître dès qu'elles deviennent inutiles.

Dans le cas où les terrains sont occupés par des bâtiments d'habitation ou d'exploitation, la cession n'est obligatoire que si elle est demandée pour la continuation d'une exploitation de mine déjà en marche, et si les installations ne peuvent être portées ailleurs, sans nuire sérieusement à l'entreprise minérale (§ 128).

Lorsqu'il s'agit de terrains sur lesquels existent ou sont projetés des fabriques ou autres établissements industriels, ou qui offrent un intérêt public spécial, il faut examiner laquelle des entreprises offre le plus d'avantages divers et laquelle peut être transférée ailleurs avec le moins d'inconvénients. Toutes choses égales, d'ailleurs, l'entreprise existante a la préférence. On doit examiner, à un point de vue semblable, la cession d'un terrain ou d'un bâtiment du domaine public à une entreprise de mine.

Soit en cas de vente de terrains, soit en cas de cession temporaire, le propriétaire de la surface peut, comme l'entrepreneur de mine, exiger que les portions de terrains séparées, dont l'utilisation par le propriétaire de la surface serait trop onéreuse pour l'une ou l'autre des parties, soient comprises dans la vente ou la cession (§ 132).

L'administration des mines est seule juge de la nécessité et du mode de cession des terrains ou de l'institution des servitudes; elle

prend, en commun avec l'autorité administrative locale, les décisions à ce sujet, sauf le recours aux ministères respectifs.

L'évaluation des indemnités est faite, dans tous les cas précités, par cette autorité administrative locale, avec le concours d'experts ; cette évaluation est susceptible d'un recours par la voie administrative, d'abord à la direction du canton, puis au ministère de l'intérieur, et enfin d'un recours par la voie judiciaire, pendant un délai de six mois. — J'ai insisté sur les dispositions précédentes, bien qu'elles doivent paraître un peu minutieuses, à cause de la différence qu'elles présentent avec ce qui est établi en France. J'agirai de même, par la même raison, relativement aux dommages causés par l'exploitation des mines à la surface.

L'entrepreneur de mine est responsable de tous les dommages causés par son exploitation à la surface, soit directement, soit indirectement, notamment par la privation d'eau. Il n'y a d'exception que pour les dommages causés aux édifices ou aux autres établissements, ou les atteintes aux droits des propriétaires de la surface, soit postérieurs à l'existence des travaux souterrains, soit nés alors que le danger dont les menaçait l'exploitation ne pouvait pas être ignoré de celui qui y appliquait une attention *ordinaire*. Nous retrouvons ici, on le remarquera, le terme un peu vague déjà employé dans la loi prussienne : il faut cependant reconnaître qu'il a sa raison d'être, car il arrive encore assez fréquemment qu'à l'endroit même où se trouvait une maison endommagée par l'exploitation et dont le propriétaire a été largement indemnisé, on en construise une autre dans un simple but de spéculation. Ce cas, on le sait, s'était présenté notamment dans le nord de la France et a fourni un argument victorieux aux partisans de la simple application de l'article 1382 du Code civil aux dommages occasionnés à la superficie par l'exploitation des mines, — dommages auxquels un premier état de la jurisprudence de la Cour de cassation attribuait la double indemnité des articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

L'exploitation des mines doit souffrir les restrictions commandées par la sécurité des établissements qui offrent un intérêt majeur pour l'utilité publique (§ 141). Elle ne jouit du droit à indemnité que lorsque l'établissement en question est plus récent qu'elle. Dans le cas contraire, elle doit même, s'il y a lieu, supporter les frais des mesures de sécurité jugées nécessaires. Dès qu'une restriction pareille semble, lors de l'institution d'une concession, devoir être édictée, elle doit être insérée dans les clauses de l'acte de concession.

Lorsqu'un terrain devient, par une conséquence de l'exploitation des mines, difficilement utilisable par son propriétaire, celui-ci a le droit d'en exiger l'acquisition par l'entrepreneur de mine. — La décision sur l'obligation au payement d'une indemnité, sur la nécessité d'apporter des restrictions dans l'exploitation ou sur l'acquisition forcée de terrains, appartient, toujours en commun, à l'administration des mines et à l'autorité administrative locale, tandis que les évaluations d'indemnité ressortissent à l'autorité administrative locale seule, avec le concours d'experts, — tout en admettant le recours par la voie judiciaire.

— Les prescriptions sur les relations entre exploitants de mines voisines, contenues dans les §§ 117 à 120, sont analogues aux prescriptions des articles 45 de la loi du 21 avril 1810 et T à Y de notre modèle de cahier des charges d'une concession de mines. Toutefois, dans le royaume de Saxe, c'est l'administration des mines qui est chargée de l'évaluation des indemnites ou dommages. Au cas où il s'élève des difficultés entre deux exploitants différents établis dans un même périmètre, l'administration des mines examine laquelle des exploitations offre le plus d'importance pour l'intérêt public et impose à l'autre les restrictions nécessaires, sauf indemnité pour le cas où cette dernière est la plus ancienne.

— Nous retrouvons, soit dans la loi même (§ 55 à § 68), soit dans l'ordonnance rendue pour l'exécution de la loi, toutes les prescriptions concernant l'exploitation que renferme notre cahier des charges. Faisons observer seulement qu'en Saxe, l'administration des mines intervient directement, partout où chez nous elle n'agit que par l'intermédiaire du préfet. Le même mode d'action existe, on se le rappelle, dans les législations prussienne et autrichienne; en Allemagne, on reconnaît toujours à l'administration des mines la faculté de prendre des décisions dans les affaires intéressant uniquement l'exploitation; dans les autres affaires, elle agit concurremment avec l'administration intéressée.

— Lorsqu'une exploitation n'est pas conduite avec l'activité voulue, l'administration peut la suspendre ou, en cas de concession et après les délais convenables, prononcer le retrait. Il est à noter que la loi prescrit (§ 58) l'emploi d'un nombre minimum d'ouvriers, variant avec la grandeur des champs d'exploitation; ainsi, dans le cas d'une seule *unité de mesure* (40.000 mètres quarrés), il faut au moins deux ouvriers travaillant chacun huit heures

par jour; — de 2 à 6 *unités de mesure*, trois ouvriers; — de 7 à 11, quatre; — et ainsi de suite.

Les propriétaires de mines doivent fournir, si l'administration le demande, des projets d'exploitation pour un temps déterminé. Une fois qu'ils sont approuvés, ces projets doivent être exécutés rigoureusement, sauf modification consentie par l'administration, —qui peut infliger des amendes montant à 1.125 francs (300 *thaler*), en cas d'inexécution desdits projets.

— Il résulte des termes de la loi, quoique cela ne soit pas dit explicitement, que les mines (*) sont immeubles; elles sont inscrites, ainsi que les propriétés foncières, sur les livres de fonds et les registres d'hypothèques. Font partie intégrante de la mine, les édifices, terrains, travaux de secours, droits d'eau, etc., nécessaires à l'exploitation.

Quant à la vente, à l'engagement et à l'affectation hypothécaire, ainsi qu'à la réunion, les mines sont soumises aux mêmes prescriptions que les propriétés foncières. La cession du droit d'exploitation par un propriétaire foncier et le partage d'une mine sont soumis aux prescriptions du Code civil sur le partage des terrains.

La cession d'un droit d'exploitation par le propriétaire du sol ou d'une concession par le concessionnaire peut donner lieu, envers ceux-ci, à des redevances dépendant des produits de l'exploitation, qui constituent alors une charge réelle grevant la propriété de la mine.

Les avances fournies pour l'exploitation et inscrites sur le registre des hypothèques à la charge d'une mine, avec condition de remboursements successifs sur les produits de l'extraction, continuent à grever la propriété de la mine, lors même qu'elle a été soumise à l'enchère légale ou abandonnée par son propriétaire, volontairement ou involontairement (§§ 48 et suivants).

On peut toujours renoncer, en tout ou partie, à un droit d'exploitation, par une déclaration faite à l'administration des mines. En cas soit d'une telle renonciation, soit de déchéance d'un droit d'exploitation, l'administration des mines avertit, par l'intermédiaire de l'autorité judiciaire, les créanciers hypothécaires, et, pour les mines de charbon, les propriétaires fonciers.

Les créanciers de la mine peuvent demander, durant un délai de trois mois, la vente à l'enchère judiciaire de la mine. La même

(*) Nous traduisons ici par *mine* le mot allemand *Bergbaurecht*, qui littéralement signifie *droit d'exploitation*.

faculté appartient à l'ancien propriétaire d'une mine, auquel le droit d'exploitation a été retiré par jugement, mais à condition de donner caution pour les frais éventuels de procédure.

Lorsque la mise aux enchères n'est pas proposée ou lorsqu'elle n'a pas donné de résultat, le droit d'exploitation est déclaré éteint; on clôt la feuille d'inscription qui lui est consacrée, dans les livres des fonds et hypothèques, et on en ouvre une nouvelle pour les dépendances immeubles de la mine. On procède de même dans le cas d'enchère forcée après saisie.

Lorsqu'un droit d'exploitation est déclaré éteint, il revient à la disposition de l'État—ou du propriétaire du sol, s'il s'agit de mines de charbon.

En cas d'extinction d'un droit d'exploitation, l'ancien exploitant ne peut enlever les installations qu'autant qu'il n'en résulte, selon l'appréciation de l'administration, aucun danger pour la surface ni pour d'autres mines.

— Il n'est pas question de la conservation de la mine abandonnée, qui ne doit être maintenue en état que jusqu'à l'extinction du droit d'exploitation. — Lorsque des dégâts sont occasionnés par une telle mine aux objets de la surface, l'ancien exploitant est requis, par l'administration des mines, de prendre les mesures de sécurité nécessaires. — Il est interdit de rien changer, sans le consentement de cette administration, aux travaux des mines abandonnées et d'y conduire les eaux de la surface. — L'aplanissement d'anciennes haldes ne peut pas se faire non plus sans ce consentement (§ 168 à § 173).

— Les mines peuvent être possédées soit par une seule personne, soit par plusieurs—réunies en association (*Gesellenschaft*), soit enfin par une société (*Gewerkschaft*) du genre de celles indiquées déjà par la loi prussienne.

Les associations devront désigner une personne chargée de les représenter, tant en demandant qu'en défendant. Les associés ne sont responsables des obligations de la mine que jusqu'au montant de leur avoir dans la fortune sociale, à moins qu'ils n'aient accepté explicitement une responsabilité entière.

Les sociétés ne peuvent se constituer que sous l'approbation de leurs statuts par le gouvernement. Leurs membres participent aux gains et pertes, en proportion de leurs parts (*Kuxe*); ils sont tenus de contribuer, dans la même proportion, aux versements votés par la majorité en vue de l'exploitation et du règlement des dettes de la société.

Tout sociétaire peut, en tout temps, se décharger de ses obligations et se priver de ses droits, en renonçant à sa part et à toutes les sommes qu'il a versées jusqu'alors. Les sociétaires isolés ne peuvent pas exiger le partage.

Les parts, qui sont meubles, sont inscrites sur un registre, avec le nom des propriétaires, lesquels ne sont sociétaires qu'à cette condition. Les parts peuvent être vendues librement, si les statuts ne stipulent pas le contraire.

Le § 15 indique les objets qui doivent être fixés par les statuts; tels sont, en particulier, le nombre des parts et l'admissibilité de leur division (qui ne peut avoir lieu, du reste, qu'en cent parties), les conditions de vote et de majorité, la représentation de la société, etc.

Les sociétés doivent désigner à l'administration des mines les personnes chargées de les représenter.

— Les propriétaires de mines doivent également lui faire connaître les personnes chargées de diriger et surveiller l'exploitation. Celles-ci devront, au besoin, faire constater leur capacité pour les emplois en question; elles pourront être renvoyées, sans congé préalable, lorsqu'elles auront subi une condamnation pour crimes ou délits (§ 69).

— Les propriétaires de mines ne doivent pas recevoir les ouvriers mineurs qui ne présentent pas un livret régulier, délivré par l'autorité administrative locale. Celle-ci punit les contraventions d'amendes montant à 37f.50 (10 *thaler*) ou de prison proportionnelle.

Lorsqu'un ouvrier mineur quitte une mine, d'une manière régulière, le propriétaire ou le directeur de la mine doit inscrire un certificat de travail sur son livret.

Les relations juridiques entre les propriétaires de mines et les ouvriers mineurs sont réglées par contrat libre. Des règlements d'ouvriers, approuvés par l'autorité administrative locale et affichés sur la mine, fixent les droits et devoirs des ouvriers, au point de vue du travail et de la discipline.

Les salaires doivent être payés en argent comptant (avec exclusion de l'or) ou en papiers reçus par les caisses de l'État, sous peine d'amendes pouvant s'élever jusqu'à 1.125 francs (300 *thaler*) ou de huit semaines de prison.

Le § 80 énumère les cas dans lesquels patrons ou ouvriers peuvent rompre le contrat sans le congé préalable de quatre semaines, en général nécessaire.

— L'emploi des enfants au-dessous de douze ans est entièrement proscrit. Ceux au-dessous de quatorze ans ne peuvent point travailler dans la mine ; ils ne doivent pas travailler au jour entre 8 heures du soir et 5 heures du matin, et leur journée ne doit pas excéder dix heures, y compris les repos fixés par les règlements. L'autorité locale peut permettre des exceptions, dans les cas urgents. Les infractions sont punies d'amendes de 1f,25 à 17f,75 par enfant et par contravention.

Il doit être laissé un temps suffisant aux enfants tenus de suivre les cours dans les écoles publiques de l'endroit, ou bien les propriétaires doivent instituer des écoles spéciales, dans lesquelles l'instruction ne peut être donnée qu'entre 5 heures du matin et 8 heures du soir.

Les enfants non majeurs ont besoin du consentement de leurs parents ou tuteurs pour faire des contrats de service.

— L'emploi des femmes est interdit dans les travaux souterrains.

— Les conventions entre ouvriers pour arracher des salaires plus élevés, des journées plus courtes, etc., ne les lient pas. Ceux qui ne craignent pas d'user, dans ce but, de moyens coercitifs, physiques ou moraux, sont passibles de quatre à huit semaines de prison.

— L'établissement de caisses de secours, là où elles n'existent pas encore, est prescrit par la loi. Pour les mines métalliques, ce sont les caisses de circonscription (*Revierknappschaftskassen*), dont il sera encore question à propos des circonscriptions. Les propriétaires de mines de charbon peuvent s'affilier à des caisses déjà existantes ou en fonder de spéciales pour leurs mines.

Les caisses de secours doivent servir au moins pour les maladies et les enterrements ; les caisses de retraites ou de pensions sont facultatives.

Les employés peuvent participer aux caisses de secours.

Les propriétaires de mines doivent contribuer, au moins pour la moitié du total des versements, à ces caisses, que régissent des statuts établis en commun par les propriétaires de mines et des représentants élus des membres de la caisse. L'autorité administrative locale confirme ces statuts, et alors les caisses de secours ont les droits de personnes juridiques. La gestion appartient à un comité, délégué par les propriétaires de mines et les membres en commun. L'autorité administrative locale exerce une surveillance et peut demander, s'il y a lieu, la modification des statuts.

Les propriétaires de mines doivent retenir, sur les salaires des ouvriers, la quote-part de chacun d'eux pour la caisse de secours. Les subsides fournis par celle-ci ne peuvent être saisis.

Les propriétaires de mines sont responsables, envers les ouvriers, des accidents qui proviennent, soit de leur faute, soit de celle de leurs employés. Ils payent les frais de maladie et le salaire de l'ouvrier pendant le chômage forcé.

— La loi saxonne traite, avec plus de développement encore, de cette institution si intéressante des circonscriptions (*Revierverband*) dont il était question dans la loi autrichienne. Une circonscription comprend, on le sait, toutes les mines qui ont des intérêts communs; elle trouve sa représentation dans le comité de circonscription (*Revierausschuss*), chargé de sauvegarder les droits et intérêts communs de tous les propriétaires de mines du groupe. C'est, en quelque sorte, le syndicat établi par notre loi du 27 avril 1838, en supposant qu'il devienne permanent.

Ce comité de circonscription est composé de trois ou cinq membres, élus par les propriétaires de mines, en même temps qu'un nombre égal de suppléants. Les employés de l'administration des mines ne peuvent faire partie d'un tel comité compris dans leur service.

Les élections se font à la majorité absolue des voix, aux deux premiers tours de scrutin ; à la majorité relative, au troisième; et enfin le sort décide, s'il y a lieu. Le nombre des voix appartenant à chaque mine est déterminé par le nombre des ouvriers qu'elle a occupés dans l'année qui précède l'élection, d'après la formule générale suivante : n voix de $9(n-1)^2$ à $9n^2-1$ ouvriers. — On sait que notre loi de 1838 fixe le nombre de voix par le montant de la redevance proportionnelle que payent les mines syndiquées.

Tous les deux ans, l'un des membres du comité et un suppléant sortent, la première fois au sort, plus tard à l'ancienneté des fonctions; ils peuvent être immédiatement réélus. — Lorsqu'un membre quitte le comité, avant l'expiration de la durée régulière de ses fonctions, l'un des suppléants prend sa place jusqu'à la première élection. — Les élections ont lieu tous les deux ans. L'administration des mines examine la régularité des élections et les casse, s'il y a lieu.

Les propriétaires de mines décident, à la majorité relative des voix, s'il doit être attribué une rémunération aux membres du comité et quel en sera le montant.

Le comité choisit dans son sein ses président et vice-président; le président signe toutes les pièces, au nom du comité, et prend les engagements en son nom. Les noms des membres du comité sont publiés dans les journaux. Les résolutions sont prises à la majorité des voix; les membres ne peuvent voter dans les affaires concernant leur intérêt personnel; ils sont, en ce cas, remplacés par un suppléant.

Les convocations pour les assemblées générales des propriétaires de la circonscription, faites par le comité, doivent porter un ordre du jour indiquant les objets à traiter. Les délibérations ou résolutions des assemblées sont constatées par des procès-verbaux. Le comité peut faire voter par écrit, sans convoquer l'assemblée générale.

Sur une proposition votée par les deux tiers au moins des voix de tous les propriétaires de mines, le ministère compétent peut permettre de déroger à certaines des prescriptions concernant les comités de circonscription (Voir le § 104). L'administration des mines peut, sur une semblable proposition, prononcer la dissolution d'un comité. Elle peut elle-même soumettre aux propriétaires de mines une proposition tendant à la dissolution de ce comité. En cas de dissolution, l'administration fait immédiatement élire un nouveau comité et, en attendant, expédie les affaires urgentes.

Tout propriétaire de mines a le droit et le devoir de participer, conformément aux lois et règlements, aux établissements de circonscription desservant les intérêts communs des propriétaires, en tout ou partie, d'une circonscription. Le ministère compétent peut dispenser de cette participation, le comité entendu, les mines que leur situation met en dehors du rayon d'utilité de tel ou tel établissement.

Le comité administre et représente les établissements de circonscription, judiciairement et extrajudiciairement. Pour les caisses de secours, les délégués de celles-ci se joignent à lui; il convient de faire observer ici qu'en ce qui concerne les mines métalliques, auxquelles s'applique tout ce qui précède (à l'exclusion des mines de charbon), les caisses de secours embrassent toujours toute la circonscription.

Les établissements de circonscription sont régis par des règlements spéciaux, stipulant notamment tout ce qui concerne la fortune de ces établissements, le recouvrement des taxes, l'apurement des comptes, les contrats de service des employés, etc. La gestion de ces établissements (à l'exception des caisses de secours,

qui ressortissent à l'autorité administrative) est surveillée par l'administration des mines, au point de vue de l'observation des lois et règlements.

Quant aux établissements et caisses de circonscription en rapport direct avec l'exploitation des mines, tels que galeries d'écoulement, aménagements d'eau, etc., l'administration doit examiner la gestion au point de vue technique et économique ; les projets de travaux et de dépenses, ainsi que la répartition des taxes, sont soumis à son approbation. Dans la représentation de ces établissements, le comité de circonscription est soumis, pour tout acte judiciaire, à l'approbation de l'administration des mines ; en cas de discord entre eux, le ministère des finances décide.

L'extinction d'un établissement de circonscription peut être prononcée par les propriétaires qui y participent, à la majorité des deux tiers des voix et sous l'approbation du ministère des finances.

Les employés chargés des services d'une circonscription sont nommés par le comité, vis-à-vis duquel ils sont responsables de toute violation des lois et règlements.

En cas de contravention, l'autorité chargée de la surveillance doit inviter le comité de circonscription à remplir ses obligations, dans un délai déterminé. A défaut d'exécution, elle peut infliger des amendes et faire exécuter d'office les mesures nécessaires, aux frais de la caisse de circonscription.

La constitution de comités spéciaux, destinés à sauvegarder les intérêts communs des exploitants de charbon, est facultative. Ces comités peuvent être entendus par l'autorité et lui soumettre des vœux et des propositions.

— J'insisterai encore, avec quelques détails, sur les prescriptions concernant l'utilisation des eaux de mine (section IX de la loi), qui me paraissent offrir de l'intérêt.

Les eaux de mine sont, à l'intérieur de la mine qui les fournit, à la disposition du propriétaire de cette mine ; celles qui, en arrivant au jour, ne sont pas utilisées par ce propriétaire pour l'exploitation, sont à la disposition de l'administration des mines jusqu'au point où elles se déversent dans un cours d'eau naturel. — Ces eaux sont, en général, réservées pour le service des exploitations de mines et l'administration en concède l'emploi à ceux qui le demandent, en fixant les conditions de quantité, hauteur de chute, etc. (§§ 157 à 161). Lorsque l'emploi de ces eaux pour l'exploitation des mines n'est pas demandé, l'administration peut le permettre tem-

porairement pour d'autres usages. Le permissionnaire paye, en ce cas, une redevance à la caisse de circonscription, tandis qu'il n'en doit pas pour l'utilisation des eaux par l'exploitation des mines.

Les propriétaires de terrains sont obligés de recevoir les eaux de mine et de les laisser écouler au travers de leurs terrains, bien entendu contre indemnité, payée soit par la mine qui les produit, soit par la caisse de circonscription, si cette mine est abandonnée. Le propriétaire du terrain dans lequel les eaux émergent a la préférence pour un emploi de ces eaux étranger à l'exploitation des mines.

Lorsque, par une modification des installations, il peut être obtenu une économie dans la dépense d'eau d'un établissement, l'administration des mines examine les propositions des tiers qui demandent cette modification, afin d'utiliser l'excédant d'eau, et juge si elle doit avoir lieu. En cas d'affirmative, l'administration invite le propriétaire de l'établissement à déclarer si, après modification, il veut utiliser, lui-même et pour l'exploitation des mines, l'excédant d'eau; s'il le déclare, elle lui fixe un délai pour opérer cette modification. Dans le cas contraire, la modification peut être faite, soit par le propriétaire lui-même, contre le payement par le demandeur des frais et d'une indemnité convenable, à raison des dérangements occasionnés dans la marche de l'établissement, soit par ce demandeur, qui ne doit que cette indemnité, abstraction faite de la question des dommages.

— Le § 165 énumère les cas dans lesquels les concessions d'eau s'éteignent. Un délai de six semaines est toujours accordé à l'ancien concessionnaire, pour se prononcer, avant qu'on ne procède à une concession nouvelle.

L'administration des mines confère, en commun avec les autorités administratives locales, le droit d'utiliser pour l'exploitation des mines les eaux courantes naturelles. Les décisions prises à ce sujet sont susceptibles d'un recours devant le ministre des finances (§ 181).

— Les autorités spécialement chargées du service des mines sont :

En première instance, les administrations des mines (*), aidées de fonctionnaires techniques détachés; — en deuxième instance, le ministère des finances. Les résolutions des administrations des

(*) *Bergamt.*

mines doivent être prises, dans un certain nombre de cas (voir le § 175), par un comité d'au moins trois membres.

Les autorités administratives ou les administrations des mines ont le droit, pour assurer l'exécution de la loi et des ordonnances y relatives, d'infliger jusqu'à huit semaines de prison et des amendes montant à 1.125 francs (300 *thaler*).

Lorsqu'on compare les textes de la loi saxonne et de l'ordonnance rendue pour l'exécution de cette loi, on ne distingue pas toujours nettement où se trouve la limite entre les deux domaines du pouvoir législatif et de l'autorité administrative. On pourrait évidemment reprocher à la loi saxonne, comme aux lois prussienne et autrichienne, un développement excessif et la mention de détails qui auraient pu être rationnellement réservés à l'ordonnance portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi. Quoi qu'il en soit à cet égard, la législation saxonne ne laisse pas d'être intéressante à certains points de vue, comme la nonconcessibilité du charbon, les prescriptions concernant les circonscriptions et l'utilisation des eaux de mines, et d'être bien adaptée, en général, aux besoins de l'exploitation minérale.

L'administration des mines, en Saxe comme en Prusse et en Autriche, — on a d'autant plus remarqué ce détail, sans doute, qu'il s'écarte complétement de nos idées françaises, — a la faculté de prendre des arrêtés et d'infliger des amendes dans toutes les affaires concernant uniquement l'exploitation ; son action ne se combine avec celle des autorités administratives que dans les affaires d'intérêt commun.

Jules ICHON,
Ingénieur des mines.

LOI GÉNÉRALE SUR LES MINES

DU 16 JUIN 1868

POUR LE ROYAUME DE SAXE.

PREMIÈRE SECTION. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

§ 1. *Qualité juridique des minéraux.* — Les minéraux utilisables pour leur teneur en métaux (minéraux métalliques), le sel gemme et les sources salées (consultez le § 5) sont exclus du droit de disposition par le propriétaire du sol (consultez cependant le § 180).

Tous les autres minéraux sont considérés comme faisant partie des propriétés foncières sous lesquelles ils se rencontrent (consultez cependant le § 46).

§ 2. *Étendue de cette loi.* — La présente loi règle tout ce qui concerne l'exploitation des minéraux métalliques (exploitation de minerais (*), exploitations régaliennes (**)) et celle des houilles et lignites.

A l'exploitation des minerais métalliques seule s'appliquent, outre les paragraphes qui en font spécialement mention, les sections III, VI (moins le § 116) et IX.

Les prescriptions de la présente loi ne s'appliquent ni aux ateliers de préparation mécanique indépendants d'une mine ou non constitués en *établissements de circonscription*, ni aux fabriques de coke.

En tant que la présente loi ne renferme pas de dispositions spéciales, il y a lieu d'appliquer les prescriptions légales générales.

§ 3. *Condition des minéraux métalliques.* — La recherche et l'exploitation des minéraux métalliques sont permises à chacun, pourvu qu'il observe les prescriptions de la présente loi.

(*) *Erzbergbau.*
(**) *Regalbergbau.*

Le fisc peut disposer des minéraux concessibles et non concédés qui ont été extraits illégalement.

§ 4. *Droit d'exploiter les charbons* — Le droit d'exploiter les houilles et lignites est inhérent à la propriété foncière.

Les droits reconnus, dans la présente loi (section VII et VIII, chap. I), aux propriétaires de mines de charbon vis-à-vis d'autres propriétaires de mines et des propriétaires fonciers, ne leur appartiennent de fait qu'autant que leurs champs d'exploitation, suffisamment grands et convenables pour une exploitation rationnelle, sont reconnus tels par une permission d'exploiter délivrée par l'administration des mines (§ 174).

Cette permission peut être retirée, les intéressés entendus, lorsque ces conditions ne sont plus remplies.

Les mines de charbon en exploitation, lors de la mise en vigueur de la présente loi, ont droit à une permission d'exploiter, demandée dans un délai de six mois à compter de cette mise en vigueur.

Les propriétaires de mines de charbon possèdent, quant aux minéraux non compris explicitement dans leurs propriétés minières, les droits mentionnés aux §§ 46 et 47.

§ 5. *Sel gemme et sources salées.* — L'utilisation du sel gemme et des sources salées demeure réservée au fisc. Cependant le ministère des finances peut en faire concession aux particuliers.

Les prescriptions de la présente loi s'appliquent, d'ailleurs, en tant que l'admet la nature des choses, aux relations entre le fisc et le concessionnaire, d'une part, et les autres propriétaires de mines ou les propriétaires fonciers, d'autre part.

§ 6. *Mines appartenant a l'État.* — L'exploitation des mines de l'État est également soumise aux prescriptions de la présente loi.

DEUXIÈME SECTION. — De la participation a l'exploitation des mines.

§ 7. *Disposition générale.* — Toute personne, physique ou juridique, en droit d'acquérir la propriété en général, peut également acquérir la propriété des mines.

§ 8. *Association* (*). — Lorsqu'une mine est la propriété commune de plusieurs personnes, physiques ou juridiques, elles sont tenues de déléguer un fondé de pouvoirs et un suppléant, chargés, au nom de tous les propriétaires, pour toutes les affaires concer-

(*) *Gesellenschaft.*

nant la mine, de recevoir les communications et de faire des déclarations ayant caractère obligatoire.

Les associés (*) répondent, pour leur part, des obligations de la mine, à moins qu'ils n'aient accepté explicitement une responsabilité entière (§§ 10, 19 et suivants du Code civil).

§ 9. *Sociétés minières* (**). — Les sociétés minières ont les droits de personnes juridiques.

Elles ne peuvent être fondées qu'avec l'approbation expresse des statuts par le gouvernement.

La dissolution des sociétés minières a lieu,— outre les cas prévus dans les lois générales, au sujet des personnes juridiques, — lorsque leur droit d'exploitation vient à expirer (§ 169).

§ 10. *Droits et obligations des sociétaires* (***). — Les membres d'une société partagent, en proportion de leurs parts (****), les gains et pertes, ainsi que la fortune de la société, au cas de dissolution. Par contre, ils sont tenus d'opérer, dans la même proportion, les versements destinés à subvenir aux besoins de l'exploitation et au payement des dettes de la société, tels qu'ils ont été votés par la majorité.

§ 11. *Retraite des sociétaires.* — Les membres d'une société ont, à toute époque, le droit de se retirer de la société, en renonçant à tous leurs versements antérieurs; ils se libèrent ainsi de tous les droits et obligations des sociétaires.

§ 12. *Départ de sociétaires. Partage.* — La société n'est pas dissoute par le départ d'un membre isolé et celui-ci ne peut pas demander le partage de la fortune sociale.

§ 13. *Parts. Livre des sociétaires* (*****). — Les parts sont meubles.

Les représentants de la société ont à tenir un *livre des sociétaires* sur les parts et leurs détenteurs.

Ne sont considérés comme membres d'une société que ceux qui sont inscrits, dans le livre des sociétaires, comme propriétaires d'une part ou fraction de part.

Les parts peuvent être transmises à des tiers, sans le consentement des co-sociétaires, à moins que les statuts ne stipulent le contraire.

(*) *Gesellen.*
(**) *Gewerkschaften.*
(***) *Gewerken.*
(****) *Kuxe.*
(*****) *Gewerkenbuch.*

§ 14. *Versement ou dividende en cas de vente d'une part.* — Lors de la vente d'une part, l'ancien propriétaire est tenu d'opérer les versements votés avant la transcription de cette part, à moins de convention contraire entre les deux parties, et l'inscription du nouveau propriétaire ne peut avoir lieu que si les versements arriérés ont été faits ou s'il s'oblige à les faire.

A moins de convention spéciale, le dividende émis avant transcription de la part appartient à l'ancien propriétaire.

§ 15. *Statuts.* — Les statuts d'une société doivent renfermer des dispositions:

a. Sur ses nom, siége et but;

b. Sur le nombre des parts et la possibilité de leur fractionnement, qui ne peut avoir lieu toutefois qu'en centièmes;

c. Sur la délivrance et l'annulation des certificats de part;

d. Sur la rentrée des versements et les peines encourues en cas de retard;

e. Sur le choix, les droits et la constitution des représentants;

f. Sur le droit de vote des sociétaires, sur la convocation des assemblées et la validité de leurs résolutions, sur les objets réservés aux résolutions de ces assemblées;

g. Sur le nombre de voix nécessaire au changement des statuts et à la dissolution de la société;

h. Sur la nature des notifications à caractère obligatoire;

i. Sur l'établissement et la distribution des profits et sur la procédure à suivre pour les dividendes non perçus;

k. Sur l'emploi ou la répartition de la fortune sociale, au cas de dissolution de la société.

§ 16. *Représentation.* — Toute société exploitant des mines doit indiquer à l'administration ses représentants et les changements qui les concernent.

Tant qu'une société n'est pas légalement représentée, l'administration des mines institue d'office un représentant et en donne avis au public.

Les propriétaires de mines domiciliés à l'étranger doivent déléguer, dans le royaume, un fondé de pouvoirs chargé de recevoir les notifications et arrêtés des autorités; sinon, l'administration des mines en institue un d'office.

§ 17. *Des sociétés minières existantes.* — Pour les sociétés minières existantes lors de la mise en vigueur de la présente loi, qui ne possèdent pas encore de statuts confirmés par le gouvernement, les prescriptions anciennes des §§ 107 à 114, 116 à 134 et 136 à 140 de la loi du 22 mai 1851, sur l'exploitation des

mines régaliennes (*), restent en vigueur tant que des statuts ainsi confirmés n'auront pas établi d'autres dispositions.

La résolution sur des statuts à confirmer n'est valable que si tous les sociétaires ont été convoqués au vote, avec avis que les non-votants seront considérés comme s'adjoignant à la majorité, et si la moitié au moins des intéressés, comptés d'après le nombre des parts, ont émis leurs votes.

Les mêmes conditions sont requises, outre le consentement ou le désintéressement des créanciers, pour la validité d'une résolution tendant à transformer une société minière en société par actions.

Les affaires concernant ces résolutions et leur exécution doivent être expédiées par les autorités sans frais ni droit de timbre.

TROISIÈME SECTION. — De l'acquisition immédiate du droit d'exploitation des minéraux métalliques.

CHAPITRE PREMIER. — Des fouilles (**).

§ 18. *Droit de faire des fouilles.* — Le droit de rechercher des minéraux métalliques (§ 1), à partir de la surface du sol, dans un périmètre déterminé (*champ de fouille*) (***), à l'exclusion des tiers (§ 19) et avec le privilége de la demande en concession (§ 37), et de faire pour cela des fouilles dans les terrains appartenant à autrui, est conféré par l'administration des mines, qui délivre à cet effet une permission de fouille (****).

Entre plusieurs demandeurs, le plus ancien a la préférence pour l'obtention de la permission de fouille.

§ 19. *Limite du champ de fouille.* — Le champ de fouille doit être nettement délimité (§ 41), mais son étendue ne peut pas dépasser 100.000 *lachter* quarrés (400.000 mètres quarrés).

(*) Les articles ici mentionnés de cette loi n'offrent aucun intérêt particulier. Ils sont relatifs :

1° Aux formes suivant lesquelles doivent être prises les résolutions d'une société minière (mode de votation, convocation des assemblées de sociétaires) ;

2° A l'institution d'un comité directeur et à ses attributions ;

3° Au payement des versements fixés par ce comité directeur ;

4° A la distribution des dividendes.

(**) *Schürfen.*

(***) *Schurffeld.*

(****) *Schurfschein.*

Dans ces limites, le même droit ne peut être conféré à plusieurs personnes. On ne peut concéder plusieurs champs de fouille à une seule personne que lorsqu'ils sont éloignés d'au moins 1.000 *lachter* (2.000 mètres) sur les points les plus voisins.

§ 20. *Durée de la validité des permissions de fouille.* — Les permissions de fouille ne sont données que pour une année.

Ce délai peut être prolongé de six mois au plus, si le commencement ou l'achèvement des travaux de fouille a été retardé sans faute de l'explorateur.

Après l'expiration dudit délai, l'ancien permissionnaire ne peut obtenir, durant trois ans, aucune permission de fouille pour le même champ.

§ 21. *Des fouilles dans les terrains concédés.* — Dans un terrain concédé, il ne peut être donné aucune permission de fouille, à moins que la concession ne porte que sur certains minéraux; mais les fouilles ne peuvent être alors faites qu'en vue d'autres minéraux, qui devront être dénommés dans la permission.

§ 22. *Restriction des fouilles.* — Les fouilles sont interdites, à moins du consentement formel des propriétaires, à une distance de 20 *lachter* (40 mètres) ou plus, selon l'appréciation de l'administration des mines, des bâtiments, dans les cours et les parcs ou jardins à clôture. Sur les établissements d'utilité publique et dans leur voisinage, les fouilles ne sont permises que si, d'après un examen fait sur les bases du § 134, elles peuvent avoir lieu sans inconvénient grave pour l'utilité publique ou pour la conservation de ces établissements.

§ 23. *Obligation de l'explorateur.* — L'explorateur est tenu de présenter, avant de commencer ses fouilles, l'acte de permission à l'autorité locale et au propriétaire du sol, et, s'il veut les commencer auprès d'établissements d'utilité publique, au représentant de ces établissements; il doit aussi leur indiquer spécialement, ainsi qu'à l'administration des mines, les points sur lesquels il veut entreprendre ses travaux.

Celui qui commence des fouilles sur le terrain d'un tiers, avant d'avoir rempli ces formalités, est passible d'une amende de 2 à 5 *thaler* (7f,50 à 18f,75) ou d'un emprisonnement proportionnel.

§ 24. *Obligation, pour le propriétaire du sol, de permettre les fouilles.* — Tout propriétaire foncier est tenu de souffrir les travaux de fouille minérale dans ses terrains, mais il peut exiger préalablement le dépôt du cautionnement dont il est question au § 26.

Si le propriétaire refuse son consentement aux fouilles, l'administration des mines est appelée à décider.

Cette administration peut, du reste, défendre ces fouilles, si, d'après la nature des choses, elles paraissent devoir être complétement inutiles.

§ 25. *Visite des terrains.* — Les prescriptions du § 146 s'appliquent aux visites de terrains nécessitées par les demandes de permission de fouille ou les demandes en concession.

§ 26. *Indemnités.* — L'explorateur doit payer intégralement tous les dommages résultant des travaux de fouille; il est tenu de déposer à cet effet, sur la demande du propriétaire et avant de commencer, un cautionnement en argent, dont le montant est fixé, à défaut d'entente amiable, d'après le § 134.

§ 27. *Suite.* — La décision sur l'obligation à indemnité est prise d'après ledit § 134. L'estimation des dommages se fait conformément aux §§ 135 et 136.

Les intéressés peuvent faire estimer les dommages probables avant le commencement des travaux de fouille.

Les frais de l'estimation sont, en général, à la charge de l'explorateur seul; cependant, si celui-ci a offert, lors d'une réunion préalable fixée par l'autorité locale, de payer une indemnité au moins égale au montant de l'estimation, et, si cette indemnité a été refusée par la partie adverse, c'est à elle qu'incombent les frais de l'estimation.

§ 28. *Propriété des minéraux produits par les recherches.* — L'explorateur devient propriétaire des minéraux concessibles (§ 1) et non encore concédés qu'il extrait dans ses travaux de fouille, ainsi que des minéraux non métalliques qu'il y rencontre.

Le propriétaire de la surface peut réclamer les autres minéraux utilisables, si l'explorateur n'en a pas besoin pour consolider ou combler sa fouille.

§ 29. *Obligation de l'explorateur dans les travaux de fouille.* — L'explorateur est tenu de conduire ses travaux de fouille de telle manière qu'ils n'occasionnent aucun danger, ni pour les ouvriers, ni pour les habitants de la surface, et qu'ils n'incommodent pas inutilement le propriétaire du sol; il doit aussi protéger les ouvertures des fouilles de manière à empêcher que des accidents arrivent aux hommes et aux bestiaux.

Il doit se soumettre, sous ce rapport, aux injonctions de l'administration des mines et de l'autorité locale ou des personnes déléguées par elles. En cas d'inobservation, la continuation des travaux de fouille peut être interdite, et la surface, entamée par ces

travaux, remise immédiatement en son état antérieur, dans les conditions de sécurité nécessaires et aux frais de l'explorateur.

§ 30. *Comblement des fouilles.* — L'explorateur est tenu de combler les excavations faites dans le sol par les travaux de fouille, lorsqu'il les abandonne, en observant les mesures de sécurité nécessaires. S'il le néglige, l'administration des mines fait exécuter ce travail aux frais de l'explorateur.

L'explorateur est tenu de fournir, à cet effet, un cautionnement à l'administration des mines, avant de commencer les travaux de fouille.

§ 31. *Galeries de recherche, trous de sonde.* — Les prescriptions du présent chapitre s'appliquent également aux galeries, trous de sonde et autres travaux souterrains analogues, exécutés, avec l'autorisation de l'administration des mines, pour l'étude des terrains, tant que ces travaux ne donnent pas lieu à de véritables extractions de minéraux concessibles. Il faut excepter seulement les prescriptions du § 20 relatives aux délais, qui seront fixés par l'administration des mines selon les circonstances locales.

Quant au reste, ces mêmes travaux sont également soumis, en tant que le comporte leur nature, aux dispositions des sections VII, VIII, IX et X de la présente loi.

CHAPITRE II. — Des demandes en concession (*).

§ 32. *Demande en concession.* — Celui qui veut obtenir le droit d'extraire des minéraux métalliques, dans une région déterminée, doit présenter à l'administration des mines une demande en concession (**).

§ 33. *Conditions à remplir.* — Pour qu'une demande en concession soit valable, il faut que le demandeur indique les minéraux dont il demande la concession, ainsi que la délimitation du champ de mine (***) à lui concéder; il doit aussi démontrer l'existence d'au moins un minéral métallique dans le périmètre demandé, ou celle d'un gisement dans lequel un pareil minéral peut se rencontrer, selon les connaissances de la géologie et de l'art des mines.

L'administration des mines peut dispenser le demandeur de cette preuve, s'il paraît très-probable qu'il pourrait la fournir et si elle est en même temps d'une grande difficulté.

(*) *Muthen.*
(**) *Muthung.*
(***) *Grubenfeld.*

Là où l'existence des minéraux demandés est notoire et dans le cas de demandes portant sur des champs de mine déjà concédés, la preuve mentionnée ci-dessus n'est pas nécessaire.

§ 34. *Présentation d'un plan.* — Le demandeur est tenu de présenter, à la requête de l'administration des mines et dans un délai fixé par elle, sous peine d'annulation de la demande, un plan indiquant la situation et les limites du champ considéré.

§ 35. *Présentation de la demande en concession.*—Cette demande doit être faite par écrit, en double expédition.

L'administration des mines consigne, sur les deux expéditions, la date et l'heure de leur présentation et restitue l'une d'elles au demandeur.

§ 36. *Cautionnement.* — Le demandeur doit, à la requête de l'administration des mines et dans un délai fixé par elle, déposer un cautionnement au maximum de 100 *thaler* (375 francs) pour les frais que peut occasionner l'instruction, et cela sous peine de perdre le bénéfice de sa demande.

§ 37. *Privilége de l'explorateur.* — L'explorateur jouit du privilége de la demande en concession, dans l'étendue de son champ de fouille et pendant le délai qui lui a été accordé.

Les demandes en concession, portant sur des champs de fouille qu'explore un tiers, seront également reçues par l'administration des mines; mais celle-ci ne leur donnera suite que si l'explorateur renonce expressément à son privilége ou s'il n'en a pas fait usage, pendant la durée de son délai de fouille.

§ 38. *Privilége du premier demandeur.* — Dans les autres cas de plusieurs demandes en concurrence, le plus ancien demandeur a la préférence sur les autres.

Lorsque plusieurs demandes ont été présentées simultanément, la concession est accordée en commun aux divers demandeurs.

CHAPITRE III. — De la concession.

§ 39. *Concession.* — Par une demande en concession régulière, le demandeur se constitue un titre à l'obtention du droit de rechercher, extraire et préparer les minéraux métalliques à dénommer par l'acte de concession, dans l'étendue du périmètre à concéder, et de prendre pour cela toutes les mesures nécessaires (droit d'exploiter les mines) (*).

Le concessionnaire a, en même temps, la faculté d'ouvrir, dans

(*) *Bergbaurecht.*

les terrains non concédés, les travaux de secours nécessaires à son exploitation, après avertissement de l'administration des mines et de l'autorité locale; il a droit, en outre, à la propriété des mines abandonnées, comprises dans sa concession.

Les concessions sont délivrées par l'administration des mines, dont les décisions sont sans appel.

Les droits afférents à une concession ne s'éteignent que dans les conditions prescrites par la loi (section X).

§ 40. *Délimitation et grandeur des périmètres de concession.* — Le périmètre d'une concession devra être délimité à la surface du sol, par des lignes droites nettement déterminées; la concession comprend l'espace situé au-dessous de la surface circonscrite par ce périmètre et s'étendant indéfiniment en profondeur verticale.

Les concessions pour extraction de minéraux superficiels (*) sont limitées en profondeur par le rocher solide.

La grandeur, la forme et la délimitation des concessions dépendent, en tant que le terrain est libre, du choix du demandeur.

La grandeur des concessions se calcule, en vue des prescriptions du § 58 et de celles de la loi, du 10 octobre 1864 (**), concernant les impôts à payer par les exploitants de mines pour chaque *unité de mesure* (***).

Une *unité de mesure* comprend, pour les concessions superficielles (****), 10.000 *lachter* quarrés (40.000 mètres quarrés),

---

(*) *Seifen.*

(**) Cette loi maintient, pour les mines métalliques, mais en les allégeant notablement, comme on va le voir, deux redevances distinctes : l'une (variable) sur le produit net; l'autre (fixe) sur les surfaces concédées.

L'article 1er abroge deux articles (271 et 273) de la loi minérale du 22 mai 1851, aux termes desquels les concessionnaires payaient une redevance de 5 p. 100 sur le produit net de toute mine métallique et, en outre, une redevance spéciale de 3 p. 100 sur la valeur brute des minerais d'or et d'argent.— L'article 2 soumet l'exploitation des mines métalliques à l'impôt ordinaire sur le revenu industriel (*Gewerbesteuer*). Cet impôt est établi conformément au tarif d'une loi du 23 avril 1850, tarif progressif variant de 0,4 à 2,67 p. 100; le maximum est applicable à tout produit net excédant 18.750 francs (5.000 *thaler*).

La *redevance fixe* sur les surfaces concédées, *par trimestre* et par *mesure de mine*, est de 3 *gros* (0f,375) pour les exploitations d'or et d'argent, et de 2 *gros* seulement (0f.25) pour les autres exploitations métalliques. — Aux termes de l'article 266 de la loi du 22 mai 1851, la redevance fixe sur les surfaces concédées était, par trimestre et par *mesure de mine*, de 5 *gros* (0f,625) pour les exploitations d'or et d'argent, et de 3 *gros* (0f,375) pour les autres exploitations métalliques.

(***) *Masseinheit.*

(****) *Seifenwerke.*

et, pour toutes les autres concessions, 1.000 *lachter* quarrés (4.000 mètres quarrés), en projection horizontale.

Les fractions d'*unité de mesure* sont comptées comme mesures entières.

Les *unités de mesure* isolées, qui sont demandées en concession par le même individu, ne peuvent être comptées comme faisant partie d'une même concession; elles doivent être concédées isolément (consultez cependant le § 58) et imposées de même.

Le droit d'utiliser des haldes ou des résidus de lavage abandonnés, lorsque ces objets ne sont pas compris dans le périmètre d'une concession, peut donner lieu à une concession spéciale, dont l'étendue superficielle est fixée par *unité de mesure* de 100.000 *lachter* quarrés (400.000 mètres quarrés) et qui descend en profondeur jusqu'au rocher solide.

Pour ce qui concerne l'exploitation des minerais de fer de marais, consultez le § 180.

§ 41. *Indication des limites des concessions de mines.* — Avant l'institution d'une concession, les limites devront être indiquées par rapport à des points voisins, immuables par leur situation, de telle manière que ces limites puissent être retrouvées sûrement sur les lieux. Ces indications devront être soumises à l'approbation du demandeur en concession et des concessionnaires voisins. Ils seront, à cet effet, convoqués à une réunion et avisés qu'au cas d'absence, ils seront considérés comme ayant approuvé les limites indiquées.

S'il se produit des divergences à ce sujet, l'administration des mines peut ordonner d'office le bornage. Les prescriptions générales usitées en matière de procès s'appliquent alors au recouvrement des frais occasionnés par ces opérations.

§ 42. *Délai pour l'institution d'une concession.* — La concession devra être instituée, au plus tard, deux mois après la présentation de la demande ou du plan mentionné au § 34, si l'accomplissement des formalités nécessaires n'a pas été retardé par des empêchements naturels.

§ 43. *Acte de concession.* — L'administration des mines délivre au concessionnaire un acte de concession, dans lequel sont indiqués :

a. Le nom de ce concessionnaire,

b. Le minéral concédé,

c. Les limites de la concession, d'après le § 41.

d. La grandeur de cette concession calculée en *unités de mesure*, d'après le § 40,

e. Le nom de ladite concession, si la mine est nouvelle.

§ 44. *Registre des concessions.* — L'administration des mines tient deux registres concernant les concessions.

Le premier — *Verleihbuch* — contient des copies certifiées des actes de concession, par ordre chronologique.

Le deuxième — *Lehnbuch* — contient, pour chaque mine, une page spéciale, sur laquelle on inscrit les concessions et les renonciations, de manière à ce que l'on puisse retrouver, complétement et en tout temps, l'étendue d'une concession quelconque.

§ 45. *Bornage des concessions.* — Les propriétaires de mines peuvent, en tout temps, demander le bornage officiel, mais à leurs frais, des concessions.

Ils s'adressent à l'administration des mines, qui charge un géomètre assermenté de procéder à l'arpentage et à une indication provisoire des limites, puis se transporte sur les lieux pour procéder au bornage.

A cette opération, sont convoqués, outre le concessionnaire, les propriétaires des mines voisines, les propriétaires du sol intéressés et les représentants des établissements d'utilité publique. Leurs observations sont examinées et procès verbal est dressé de la reconnaissance, par les propriétaires de mines, de l'emplacement des bornes. En tous cas, le bornage est arrêté alors même que les intéressés, dûment convoqués, ne se présentent pas. Il n'y a pas lieu de tenir compte des observations faites ultérieurement contre la justesse du bornage opéré. Cependant les principes, suivis dans les procès civils pour les cas d'omission, s'appliquent quant à la réintégrande.

§ 46. *Droit sur les minéraux non métalliques produits par l'exploitation.* — Le propriétaire de mine a le droit de propriété dans son champ de mine, non-seulement sur les minéraux concédés, mais encore sur les minéraux non métalliques qui les accompagnent dans leur gisement spécial.

Les minéraux non métalliques, produits par l'exploitation proprement dite de la mine, en dehors du gisement exploité, en tant qu'ils ne servent pas à l'exploitation, dans la mine ou au jour, doivent être mis à la disposition du propriétaire du sol, contre remboursement, à son choix, soit des frais d'abatage et d'extraction, soit de leur valeur déterminée à dire d'experts. Il y a lieu d'appliquer à ce sujet la disposition du cinquième alinéa du § 118.

Les mêmes dispositions s'appliquent aux minéraux non-métalliques extraits dans l'établissement d'une galerie ou de tout autre travail de secours.

§ 47. *Droit sur les minéraux concessibles et non encore concédés.* — Les minéraux concessibles, rencontrés dans le périmètre d'une concession et qui ne sont concédés ni au propriétaire de cette concession ni à un tiers, ne sont laissés à la disposition de ce propriétaire que s'ils se trouvent, avec les minéraux à lui concédés, dans une connexité telle que leur extraction doive être simultanée, pour des raisons techniques ou de police des mines, laissées à l'appréciation de l'administration.

Lorsqu'un tiers fait une demande en concession de minéraux pareils, cette demande est communiquée au propriétaire du champ de mine et celui-ci a un privilége pour l'obtention de la concession, pendant un délai de quatre semaines. Il faut excepter la demande en concession présentée par un explorateur, qui conserve intégralement son privilége d'après le § 37.

Le propriétaire d'une galerie ou de tout autre travail de secours peut disposer des minéraux concessibles, mais non concédés, extraits dans l'exécution de son travail, tandis qu'il y a lieu d'appliquer aux minéraux concédés les dispositions des quatrième et cinquième alinéa du § 118.

QUATRIÈME SECTION. — Dispositions juridiques concernant les concessions de mines.

§ 48. *Inscription sur le livre des fonds et hypothèques.* — A la demande du concessionnaire, toute concession de mine à lui faite, par l'État ou par le propriétaire du sol, sans restriction, pour un temps déterminé, doit être inscrite sur une feuille spéciale du livre des fonds et hypothèques.

Il n'est permis de vendre une concession, totalement ou partiellement, ou de la grever d'une hypothèque qu'après cette inscription (§ 49).

Les édifices, propriétés foncières, travaux de secours, droits d'eau, etc., servant à l'exploitation de la concession sont considérés comme ses dépendances.

§ 49 *Vente, etc., des concessions.* — Les concessions de mines et leurs dépendances sont soumises, quant à la vente, à l'engagement ou à l'affectation hypothécaire, et aussi quant à la réunion des champs de mine, aux dispositions du Code civil applicables au même titre aux propriétés foncières, en tant que la présente loi n'y déroge point.

La cession du droit d'exploitation par un propriétaire foncier et la transmission de ce droit à un nouvel acquéreur sont sou-

mises aux prescriptions générales qui règlent les morcellements de terrains (§§ 419, 420, 513 et 514 du Code civil).

§ 50. *Revenus.* — Les revenus résultant de l'exercice du droit d'exploitation, ainsi que les servitudes réservées au profit du cessionnaire d'un droit d'exploitation total ou partiel, servitudes dont l'étendue ou la durée dépendent des résultats de l'exploitation, sont considérés comme *fruits* (§ 73 du Code civil).

§ 51. *Servitudes.* — Les servitudes de l'espèce mentionnée au § 50 constituent des charges grevant les concessions.

Celles, au contraire, dont l'étendue est fixe constituent seulement une obligation personnelle.

§ 52. *Héritages.* — Si les héritiers de mines ou de parts de mine n'ont pas demandé leur inscription dans le délai d'un an après l'ouverture de l'héritage, ils doivent y être invités, s'il y a lieu, sous peine d'amende de 5 à 100 *thaler* (18f,75 à 375 francs), à moins qu'ils n'aient déjà légalement perdu leur droit de propriété.

L'administration doit déléguer, pour ces mines ou parts de mine, jusqu'à la solution de la question de propriété et dans un délai de quatre semaines après la mort de l'ancien propriétaire, un représentant auquel sont attribués les pouvoirs d'un exécuteur testamentaire, tant que ce dernier n'aura pas été nommé par le tribunal compétent (§ 2247 du Code civil).

Pour des mines ou parties de mine concédées, l'administration devra, si les amendes infligées restent sans résultat, avertir les héritiers qu'à défaut de déclaration nette, ils seront considérés comme renonçant à la mine, et elle agira en conséquence.

§ 53. *Avances pour l'exploitation.* — Les dettes d'avances, inscrites dans le livre des fonds et hypothèques parmi les dettes d'une mine, et qui ont été faites pour son exploitation, à la condition de payements successifs sur les produits, ne s'éteignent, ni par la vente judiciaire forcée, ni par l'abandon volontaire ou forcé de l'ancien propriétaire. Celui qui acquiert ou remet en activité la mine deviendra responsable de ces avances, comme d'une charge de la mine (comparez le § 171, alinéa 3), en tant qu'elles ne forment pas des arriérés de restitution, échus antérieurement.

En ce qui concerne la vente judiciaire forcée, il y a lieu d'appliquer à ces avances ce qui est prescrit au § 519 du Code civil pour les rentes viagères et autres.

§ 54. *Ordre suivi dans une liquidation.* — En cas de liquidation

de la fortune d'un propriétaire de mines, les créanciers de la mine sont désintéressés distinctement par la propriété de celle-ci et dans l'ordre suivant :

1° Les traitements et salaires des employés de cette mine et des ouvriers ;

2° Les impôts publics, les versements ou prestations que le propriétaire doit aux caisses de secours, aux galeries de circonscription, à des établissements communs d'exploitation, de secours ou autres, ou, d'après la section VII, à d'autres mines ;

3° Les charges réelles ;

(Toutes les créances ainsi mentionnées dans ces alinéas 1°, 2° et 3°, ne seront admissibles que pour les arriérés de trois années, à partir des époques fixées au § 417 du Code civil) ;

4° Les créances hypothécaires pour les avances mentionnées au § 53 ; mais seulement les arriérés de trois années, comptées à partir des époques fixées au § 417 du Code civil ;

5° Toutes les créances sur la mine non mentionnées dans les catégories précédentes.

Les prestations et versements mentionnés dans l'alinéa 2° seront payés en même temps que les impôts publics, lors même qu'ils seraient échus pendant la liquidation et, par suite, devraient être comptés comme dettes de la masse.

Les créanciers d'un propriétaire de mine, qui n'ont pas de créance sur la mine, sont désintéressés séparément par l'actif indépendant de cette mine. S'il y a un excédant, il sert à désintéresser les créanciers de la mine pour le déficit dans la liquidation du bilan de la mine.

Lorsqu'il s'agit de la fortune d'un propriétaire de mines de charbon, les arriérés mentionnés dans les alinéas 1° et 2° n'ont pas de préférence sur les créances d'hypothèques et de charges réelles, nées avant la mise en vigueur de la présente loi.

CINQUIÈME SECTION. — DE L'EXPLOITATION DES MINES.

CHAPITRE PREMIER. — DE L'EXPLOITATION.

§ 55. *Police des mines.* — Les propriétaires de mines sont tenus de faire en sorte que leurs exploitations ne compromettent ni la sécurité publique, la vie ou la santé des ouvriers, ni la sécurité des exploitations voisines, des terrains et bâtiments de la surface.

§ 56. *Limitation des exploitations.* — L'administration peut, après audition des intéressés, ordonner les mesures nécessaires pour prévenir, dans les mines, l'ouverture de galeries dangereuses et, en particulier, déterminer s'il y a lieu de réserver des massifs près des mines voisines, des rivières ou ailleurs, et fixer l'épaisseur à donner auxdits massifs.

En tant que ces mesures occasionnent à un propriétaire de mines, dans l'intérêt de tiers, des dommages plus grands que ceux exigés pour sa propre sécurité, ces tiers sont tenus de l'indemniser de ces dommages. Chacun doit contribuer à cette indemnité, en proportion du profit qu'il retire des mesures prises. Lorsque les intéressés ne peuvent pas s'entendre à l'amiable sur l'obligation de payer les frais que de telles mesures ont occasionnés ou sur la répartition de ces frais, l'administration prend une décision à ce sujet. Les intéressés peuvent interjeter appel de cette décision par la voie judiciaire.

L'administration peut, après audition des intéressés, réunir plusieurs mines, pour faciliter aux exploitants l'exécution des mesures de sûreté, en considérant alors l'ensemble comme une seule exploitation.

Les intéressés peuvent recourir à la voie judiciaire pour la répartition des contributions, fixée en premier ressort par l'administration des mines.

§ 57. *Réserves spéciales.* — Les propriétaires de mines sont tenus de les exploiter de manière à ne point entraver inutilement l'exploitation ultérieure, ni celle des mines voisines.

S'il en résulte pour ces propriétaires, dans l'un ou l'autre cas, des dommages spéciaux, ils devront leur être remboursés par les personnes qui ont demandé les réserves ordonnées.

§ 58. *Étendue de l'exploitation dans les mines concédées.* — Le nombre de bras qu'elles occupent doit être proportionné à la grandeur de la concession.

Une concession d'une *unité de mesure* au plus doit occuper au moins deux ouvriers (y compris le propriétaire, s'il exploite lui-même), travaillant chacun huit heures par jour, les dimanches exceptés. A partir de deux *unités de mesures*, le nombre d'ouvriers doit augmenter d'un par cinq *unités de mesure*, de manière qu'une concession de deux à six *unités de mesure* occupe trois ouvriers, de sept à onze, quatre, — et ainsi de suite.

Le concessionnaire peut occuper le nombre de bras réglementaire, soit dans sa concession, soit dans des mines étrangères, pourvu qu'elles avancent, d'une manière directe, l'exploitation de

sa propre mine. Il peut aussi, au lieu d'ouvriers, fournir à ces mines étrangères des secours en argent, auquel cas 100 *thaler* (375 francs) de secours annuel sont comptés en remplacement d'un ouvrier.

L'occupation d'un nombre moindre d'ouvriers peut être tolérée par l'administration des mines :

a. Durant les six premières années après l'institution de la concession, si l'occupation du nombre réglementaire d'ouvriers n'est point appropriée aux circonstances locales, pendant ce temps;

b. Lorsque cela devient nécessaire par un manque temporaire de débouchés ou par d'autres causes impérieuses.

Avec le consentement de l'administration des mines, les concessions isolées et diverses d'un même propriétaire peuvent être considérées, relativement au nombre d'ouvriers occupés, comme n'en formant qu'une seule.

§ 59. *Arrêt de l'exploitation.* — L'exploitation d'une mine concédée ne peut être arrêtée sans le consentement de l'administration, à moins d'empêchements naturels, tels qu'inondations, éboulements, etc.

§ 60. *Projet d'exploitation.* — Si l'administration le juge nécessaire, les propriétaires de mines sont tenus de lui soumettre des projets d'exploitation pour un temps déterminé.

L'administration des mines modifie ces projets, en tant qu'ils ne sont pas conformes aux prescriptions des §§ 55 à 59, après audition des intéressés.

Les propriétaires de mines sont responsables, vis-à-vis de l'administration, de l'exécution desdits projets.

Il ne peut être dérogé à ces projets que du consentement de l'administration, sauf pour le cas d'événements imprévus qui nécessitent une modification de ces projets. Mais l'administration doit alors être prévenue dans un délai de quatorze jours.

§ 61. *Plans de mines.* — Les propriétaires de mines sont tenus de faire lever et tenir au courant les plans nécessaires à la conduite de leurs exploitations souterraines.

A la demande de l'administration, ils doivent lui remettre à ses frais les doubles de ces plans nécessaires à la surveillance.

Les plans ne peuvent être exécutés que par des géomètres reconnus capables et ayant prêté serment.

Les prescriptions détaillées pour l'examen des géomètres, le solde de leurs travaux et la tenue des plans, feront l'objet d'une ordonnance.

§ 62. *Visite des mines.* — Les propriétaires doivent permettre

la visite de leurs exploitations aux personnes munies d'un laissez-passer de l'administration et étudiant l'art des mines pour leur instruction théorique et pratique. Les frais et pertes de temps résultant de ces visites sont à la charge de l'État.

Les objections fondées, que présenteraient ces propriétaires, doivent être prises en considération par l'administration.

§ 63. *Employés.* — Les propriétaires de mines sont tenus d'engager les employés et ingénieurs nécessaires pour conduire et surveiller leurs exploitations.

Les noms sont communiqués à l'administration, qui peut demander les preuves de la capacité du personnel à remplir les postes dont il sera chargé.

Lorsque le renvoi d'employés est nécessité par les raisons de police indiquées au § 55 ou par leur incapacité, les propriétaires de mines ont le droit de les renvoyer immédiatement, même avant l'expiration du délai de congé que peut fixer le contrat de service. Dans des cas pressants, l'administration des mines peut semblablement exiger le renvoi.

Les propriétaires ou leurs représentants, dès qu'ils s'occupent eux-mêmes de la conduite de l'exploitation, sont soumis aux mêmes prescriptions.

§ 64. *Avertissements aux autorités.* — Les propriétaires sont tenus d'avertir immédiatement l'administration des événements ayant de l'influence sur l'exécution d'un projet d'exploitation, tel qu'il a été fixé d'après le § 60, ou de l'importance au point de vue de la police; dans ce dernier cas, l'autorité de police locale doit également être avertie.

Ils doivent délivrer à l'administration tous les renseignements nécessaires à la surveillance des mines et à la statistique.

En cas de danger, les employés eux-mêmes doivent faire les avertissements prescrits.

Ces employés doivent accompagner les membres ou les délégués de l'administration des mines dans leurs visites des exploitations.

§ 65. *Surveillance de l'administration des mines.* — Celle-ci est chargée de veiller à l'observation des prescriptions légales, contenues dans le présent chapitre, de prendre à cet effet les mesures et arrêtés nécessaires et d'en assurer l'exécution.

Les mesures qu'ordonne l'administration doivent être portées par elle à la connaissance des propriétaires de mines et, en cas de danger seulement, à celle des employés et ouvriers.

Rien n'est changé par là à la compétence des autorités de police locale (consultez la loi D du 30 janvier 1835, § 36).

§ 66. *Accidents.* — En cas d'accident de personnes survenu dans une mine, le propriétaire doit, s'il y a lieu, d'après les indications de l'autorité, prendre les mesures nécessaires pour le sauvetage des victimes ou pour conjurer les dangers ultérieurs. En tant que besoin est, l'autorité elle-même prend les mesures nécessaires.

Les propriétaires des mines voisines sont tenus de fournir des secours.

§ 67. *Suite.* — Tous les frais pour exécution des mesures définies au § 66 sont à la charge du propriétaire de la mine, sauf son recours contre les tiers qui ont causé l'accident.

§ 68. *Mesures coercitives.* — Pour assurer l'exécution des prescriptions du présent chapitre et des mesures ordonnées en conséquence par elle, l'administration des mines peut, lorsque les peines énoncées au § 177 restent sans effet :

1° En cas d'infraction aux prescriptions des §§ 55, 56, 57, 60, 61 et 63, — ordonner la suspension de l'exploitation jusqu'à modification ;

2° Relativement à des mines métalliques, lorsque l'infliction d'amendes ou l'arrêt de l'exploitation, pendant six mois, ne produit pas l'effet voulu, ou en cas d'infraction aux prescriptions des §§ 58 et 59, — décider le retrait de la concession, avec exclusion de l'ancien propriétaire au cas de vente à l'enchère (§ 169) ;

3° En cas de danger, — immédiatement prendre les mesures nécessaires, aux frais du propriétaire, ou bien, ainsi que l'autorité de police locale, ordonner la suspension de l'exploitation.

CHAPITRE II. — DU PERSONNEL.

§ 69. *Employés.* — Les propriétaires de mines, outre les cas prévus par le contrat de service, ont le droit de renvoyer leurs employés en tout temps et même avant l'expiration du délai de congé fixé par le contrat,

a. Lorsque ces employés ont été punis de la prison criminelle ;

b. Lorsqu'ils ont été condamnés pour crimes sur la propriété ou banqueroute, comme faussaires ou ayant commis d'autres fraudes, pour acceptation de cadeaux contrairement à leurs obligations, pour abus de leur emploi, corruption, infraction au service ou violation de secrets.

Les propriétaires de mines peuvent suspendre de leurs fonctions, pendant la durée de l'enquête, les employés mis en accusation.

Ces employés, suspendus de leurs fonctions, etc., ne touchent que la moitié de leur traitement.

§ 70. *Pensions.* — Les employés ont le droit de faire partie des caisses de secours pour les ouvriers mineurs (§ 84).

Des dispositions spéciales à ce sujet devront être contenues dans les règlements de ces caisses.

§ 71. *Choix des ouvriers mineurs.* — Les propriétaires de mines ont le droit de choisir librement leurs ouvriers, à la condition d'observer les prescriptions suivantes.

§ 72. *Travail des enfants.*— Les enfants au-dessous de douze ans ne doivent point être admis dans la mine. Ceux au-dessous de quatorze ans ne doivent point y travailler; leur travail à l'extérieur ne doit pas durer plus de dix heures par jour, y compris les repos fixés par les règlements d'ouvriers, et ne peut se faire qu'entre 5 heures du matin et 8 heures du soir.

Dans les cas pressants, l'autorité locale peut permettre des exceptions pour peu de temps.

Les contraventions à ces dispositions sont punies par l'autorité locale d'amendes de 10 *gros* (1f,25) à 5 *thaler* (18f,75), pour chaque enfant employé irrégulièrement et pour chaque cas de contravention.

§ 73. *Enfants tenus à suivre l'école.* — Le temps nécessaire à l'instruction dans les écoles publiques de l'endroit, en exécution des prescriptions de la loi du 6 juin 1835, sur les écoles populaires élémentaires, doit être laissé à ces enfants, ou bien les propriétaires de mines doivent établir pour eux des écoles spéciales, conformément au § 9 de la même loi.

Le temps d'école doit être compris entre 5 heures du matin et 8 heures du soir.

L'inobservation de cette prescription, après deux invitations de l'autorité locale, entraîne la défense de l'emploi d'enfants tenus à suivre l'école.

Les surveillants respectifs ont le droit des punitions paternelles à l'égard des enfants tenus à suivre l'école, dans les limites nécessaires pour le maintien de l'ordre et de la discipline.

§ 74. *Contrats de travail des fils non-majeurs.* — Ils ont besoin du consentement de leur père ou tuteur pour faire un contrat, s'ils ne se trouvent pas déjà, avec le consentement tacite ou formel de leurs parents ou tuteurs, dans la situation de devoir gagner leur pain eux-mêmes. L'autorité locale peut suppléer à ce consentement, dans les cas prévus au § 10 du règlement des domestiques du 10 janvier 1835.

Lorsque le consentement des père ou tuteur n'est pas limité à un certain temps ou à un patron déterminé, il n'est plus nécessaire pour de nouveaux contrats de travail de fils non majeurs; les contrats conclus avec ces mineurs ont leur plein effet légal et toutes leurs conséquences.

Dans les différends qui s'élèvent sur les contrats de travail conclus par des mineurs, dans les conditions indiquées, ceux-ci peuvent agir en justice sans leurs père ou tuteur.

§ 75. *Livrets d'ouvriers.* — Les propriétaires de mines ne doivent pas admettre les ouvriers qui ne sont pas munis de livret en règle.

Les contraventions sont punies, par l'autorité administrative locale, d'amendes dont le maximum est 10 *thaler* (37f,50) ou de prison proportionnelle.

Les livrets sont délivrés par l'autorité administrative locale.

§ 76. *Certificats de travail.* — Les propriétaires de mines, ou leurs employés chargés de l'exploitation, doivent inscrire, dans le livret de tout ouvrier mineur quittant le travail d'une manière régulière, soit par sa volonté, soit par renvoi, un certificat de travail indiquant la nature et la durée de son emploi, la conduite de l'ouvrier, la cause de son renvoi.

Celui qui délivre volontairement des certificats contraires à la vérité est responsable du dommage qu'ils peuvent causer au porteur; il doit être puni, par l'autorité administrative locale, d'une amende pouvant s'élever à 10 *thaler* (37f,5) ou d'un emprisonnement proportionnel.

§ 77. *Relations de contrat.* — Les relations juridiques, entre les propriétaires de mines et les ouvriers mineurs, ne sont soumises qu'à leurs conventions libres, sauf les réserves expresses indiquées ci-après.

§ 78. *Règlements d'ouvriers.* — Les propriétaires de mines qui occupent dans la même exploitation plus de dix ouvriers, sans distinction d'âge ni de sexe, doivent établir des règlements sur la situation de ces ouvriers, sous le rapport administratif et disciplinaire, et leur faire connaître ces règlements.

Tout règlement d'ouvriers doit être soumis à l'autorité administrative locale. Celle-ci l'examine et ordonne le changement ou la suppression des dispositions contraires aux lois et ordonnances qu'il peut contenir; en particulier, des excès dans les punitions et de dispositions impropres sur les amendes.

§ 79. *Salaires.* — Les propriétaires de mines sont tenus de payer les salaires de leurs ouvriers d'après le montant fixé, aux époques

et aux endroits indiqués à cet effet. Les salaires ne doivent être payés qu'en argent comptant, avec les espèces légales (l'or exclu), ou en valeurs reçues par les caisses de l'État; il ne peut être dérogé à cette disposition, même avec le consentement des ouvriers, sous peine d'amende pouvant s'élever à 300 *thaler* (1.025 francs) ou de huit semaines de prison. Les ouvriers qui n'auront point été payés ainsi qu'il vient d'être spécifié pourront, en tout temps, réclamer leur payement légal.

Pour le reste, le § 70 de la loi industrielle du 15 octobre 1861 s'applique également aux ouvriers mineurs.

§ 80. *Rupture du contrat de travail.* — Le contrat de travail ne peut être rompu, par l'une ou l'autre des deux parties, à moins de convention contraire, qu'après un délai de congé de quatre semaines.

Avant l'expiration du temps fixé et sans congé préalable, le contrat peut être rompu de suite :

a. De la part des propriétaires de mines :

1° Lorsque l'ouvrier se rend, à plusieurs reprises, coupable de désobéissance aux règlements et aux injonctions de ces propriétaires, de leurs employés ou des fonctionnaires du gouvernement qui visitent les mines; lorsqu'il les insulte, les injurie ou se porte contre eux à des voies de fait;

2° Lorsqu'il excite d'autres ouvriers à la désobéissance envers les personnes qui viennent d'être mentionnées;

3° Lorsqu'il met en danger, de propos délibéré ou par négligence grossière, la vie ou la santé d'autres ouvriers, ou lorsqu'il cache des actions de cette nature commises par d'autres;

4° Lorsqu'il est à plusieurs reprises inexact à l'entrée du poste, lorsqu'il quitte le travail avant la fin de ce poste ou le néglige d'autre manière, après avoir déjà été puni pour ce fait dans la même mine;

5° Lorsqu'il reste absent de son poste, sans permission ou sans excuse valable, plus d'un jour;

6° Lorsqu'il refuse, sans motif sérieux, d'exécuter le travail qui lui est confié;

7° Lorsqu'il est accusé de vol ou de soustraction, ou est condamné, pour un autre délit, à un séjour dans la maison de correction;

8° Lorsqu'il combine avec d'autres ouvriers des actions par lesquelles des avantages doivent être extorqués aux propriétaires ou à leurs employés, ou par lesquelles une pression illégale doit être exercée sur eux;

9° Lorsqu'il s'adonne à la boisson et que son travail dans a mine mettrait en danger la vie ou la santé des autres ouvriers;

10° Lorsqu'il altère ou détruit des travaux à la tâche, des points de repère ou des marques du géomètre;

11° Lorsqu'il se porte à des voies de fait envers ses camarades, dans les chantiers ou sur le chemin de la mine;

12° Lorsque le travail doit être subitement suspendu, par suite d'incendie ou d'autres événements imprévus et involontaires;

b. De la part des ouvriers mineurs :

1° Lorsque les préposés des propriétaires des mines se sont portés sur ces ouvriers à des voies de fait ou bien leur imposent des actions mauvaises ou immorales;

2° Lorsqu'on veut imposer, sans avoir pris les mesures de sûreté nécessaires, des travaux pouvant mettre en danger la vie ou la santé des ouvriers;

3° Lorsqu'ils ne touchent pas leur salaire au jour fixé et dans la forme prescrite (§ 79), ou lorsqu'on veut leur imposer des travaux à crédit;

4° Lorsqu'on les fait chômer plus de deux jours et sans salaire;

5° Lorsqu'ils doivent satisfaire au service militaire et qu'ils ne peuvent, en conséquence, attendre le délai de congé;

6° Lorsqu'ils deviennent physiquement incapables de continuer leur travail.

§ 81. *Effet du renvoi immédiat.* — Lorsqu'un ouvrier, engagé avec condition de congé préalable, est renvoyé sans congé, pour l'un des motifs mentionnés dans le § 80, *a*, il ne peut exiger son salaire que jusqu'au jour de son renvoi.

Lorsque le renvoi a d'autres motifs que ceux mentionnés par la loi, le propriétaire de mine ne peut pas être forcé de reprendre l'ouvrier; mais il lui doit son salaire jusqu'à la fin du délai de congé.

§ 82. *Effet du départ immédiat et volontaire d'un ouvrier.* — Lorsqu'un ouvrier, engagé avec condition de congé préalable, quitte le travail sans congé, par l'un des motifs mentionnés au § 80, *b* (1° à 4°), il a droit à son salaire jusqu'à la fin du délai de congé préalable ou jusqu'à son réengagement dans une autre mine, si celui-ci est antérieur à la fin dudit délai.

Dans le cas où l'ouvrier quitte le travail, conformément au § 80, *b* (4°), à cause d'une suspension de travail de l'espèce mentionnée au § 80, *a* (12°), il n'a droit au salaire que jusqu'au jour de son départ.

Les ouvriers qui quittent le travail sans y être autorisés, par leur contrat, le règlement des ouvriers ou les dispositions légales du § 80, *b*, en ne donnant pas un congé préalable, non-seulement perdent tout droit à salaire à partir du moment de leur départ, mais encore sont responsables de tout dommage occasionné à l'exploitation par leur départ.

§ 83. *Coalitions des ouvriers.* — Formées pour obtenir par force des salaires plus élevés, une réduction de la durée du travail, etc., elles n'engagent pas ceux qui y ont participé.

L'accaparement du droit de punition, la mise hors et tout emploi de moyens coercitifs, physiques ou moraux, contre ceux qui ne veulent pas adhérer aux coalitions dont il s'agit ou qui veulent s'en retirer, entraînent, pour ceux qui se rendent coupables, un emprisonnement pouvant s'élever à quatre semaines, et pour les instigateurs jusqu'à huit semaines, à moins que les faits ne constituent un crime prévu par le Code pénal.

§ 84. *Caisses de secours.*

1° Des caisses de secours seront instituées en faveur des ouvriers mineurs et de leurs familles.

a. Pour les exploitations de mines métalliques, l'institution déjà existante de caisses de circonscription sera maintenue, en tant qu'elle n'est pas en opposition avec la présente loi et sauf les modifications réglementaires à introduire.

Les mines existantes lors de la mise en vigueur de la présente loi et qui, d'après les anciennes prescriptions, devaient attribuer une partie de leur bénéfice aux caisses de secours, seront également tenues de le faire à l'avenir.

b. Pour les exploitations de mines de charbon, les propriétaires devront, soit créer des caisses de secours spéciales, soit s'affilier à des caisses déjà existantes. Dans les deux cas, la participation aux caisses de secours doit être une condition de l'engagement des ouvriers.

Les caisses de secours doivent au moins remplir le but de caisses de malades et d'enterrement. L'établissement de caisses minières (*) proprement dites, pour le payement de pensions aux ouvriers mineurs infirmes ou aux familles d'ouvriers mineurs décédés, est laissé à la libre volonté des intéressés.

Les autorités doivent faciliter le plus possible la réunion des caisses de secours isolées et expédier, sans frais, toutes les affaires qui s'y rapportent.

(*) *Knappschaftscassen.*

2° Les propriétaires de mines doivent contribuer aux caisses de secours, pour une somme au moins égale à la moitié de celle versée par tous les membres.

3° L'établissement de chaque caisse de secours devra être fixé par des statuts. Ceux-ci devront spécialement contenir des dispositions sur le montant des contributions et sur les secours à fournir, ainsi que sur les droits à ces secours et leur perte.

La rédaction et la modification des statuts sont faites, en commun, par les propriétaires de mines et des représentants choisis par les membres; elles sont soumises à la confirmation de l'autorité administrative locale. Celle-ci juge également les différends qui peuvent naître, relativement à cette rédaction, entre les propriétaires des mines et les membres des caisses, après les avoir entendus.

Lorsqu'après deux avertissements, portant menace d'amendes dont le maximum est 300 *thaler* (1.125 francs), et après un délai de six semaines, le propriétaire de mines n'a pas présenté de statuts, l'autorité administrative se charge elle-même de leur rédaction.

Ce qui a été fixé par les statuts, sur les droits et obligations des caisses de secours, d'une part, et des propriétaires de mines, d'autre part, est également obligatoire pour tout propriétaire nouveau.

4° Les caisses de circonscription existantes et les caisses de secours dont les statuts sont administrativement confirmés ont les droits de personnes juridiques.

5° L'autorité locale peut dispenser de l'établissement de caisse de secours, lorsqu'elles paraissent ne pas devoir être efficaces.

6° L'administration et la représentation des caisses de secours sont confiées à un délégué commun aux propriétaires de mines et aux membres de ces caisses.

7° L'administration est soumise à la surveillance de l'autorité locale. Celle-ci peut, en tout temps, examiner les écritures et les comptes, vérifier la caisse et demander des renseignements statistiques. Pour les caisses de circonscription ou de district, un commissaire de cette autorité peut assister à toutes les réunions des administrateurs, suspendre les résolutions contraires aux statuts et les soumettre à la décision de ladite autorité.

Lorsque les caisses sont mises en danger, l'autorité peut requérir les modifications de statuts nécessaires au rétablissement de l'équilibre des recettes et dépenses.

8° Les secours accordés aux membres des caisses de circonscription ou des caisses de secours confirmées, ne peuvent être saisis.

9° Les propriétaires de mines doivent retenir, sur les salaires des membres, les sommes dues par eux aux caisses de secours et les remettre à celles-ci ; ils en sont responsables.

§ 85. *Salaires de malades, frais de traitement.* — Lorsqu'un ouvrier mineur tombe malade ou est gravement blessé, dans le travail de la mine, par suite d'une faute grossière du propriétaire de celle-ci ou de ses employés, ce propriétaire est tenu de payer les frais du traitement de l'ouvrier et de lui maintenir son salaire, tant que l'ouvrier ne peut pas le gagner par un travail accommodé à ses forces, le tout sans préjudice des demandes en dommages-intérêts que l'ouvrier ou sa famille peuvent avoir à présenter. Si l'ouvrier meurt par suite de la maladie ou de l'accident, le propriétaire de mine doit payer les frais d'enterrement.

Si une caisse de secours existante fait les avances des sommes dont il s'agit, elle peut requérir leur remboursement par le propriétaire de la mine.

§ 86. *Suite.* — Le propriétaire de mines métalliques, pour lesquelles les caisses des mineurs ne fonctionnent pas comme caisses de malades, doit aux ouvriers atteints de maladie ou de blessures par accident, sans qu'il y ait de leur faute, mais non à ceux atteints dans un travail étranger à celui de la mine :

1° Lorsque la maladie est due à des causes naturelles, leur salaire pendant quatre semaines ;

2° Dans tous les autres cas, spécialement si la maladie ou l'accident sont une conséquence immédiate du travail de la mine, leur salaire et les frais de traitement jusqu'à ce qu'il soient, selon le témoignage du médecin, capables de reprendre le travail de la mine ou définitivement invalides et, comme tels, salariés par la caisse des mineurs. — S'ils meurent par suite de la maladie ou de l'accident, le propriétaire de mine paye les frais d'enterrement.

§ 87. *Salaires.* — Les salaires prescrits par les §§ 81, 84, 85 et 86, sont calculés d'après les conditions de la classe dont l'ouvrier fait partie.

§ 88. *Procédure en cas de différend.* — Les différends entre les propriétaires de mines et les ouvriers, engendrés par des procédés irréguliers de l'une des parties envers l'autre, doivent être jugés administrativement par l'autorité locale. Il y a lieu d'appliquer, dans ces cas, les dispositions des §§ 101, alinéa 3 (combiné avec la loi du 3 octobre 1864), et 108 de la loi industrielle du 15 octobre 1861.

Les actions civiles résultant du contrat entre les susdits, soit en

vertu de la présente loi, soit en vertu de promesse expresse, doivent être poursuivis par la voie judiciaire (comparez le § 111 de la loi industrielle).

§ 89. *Journaliers.* — Les dispositions précédentes des §§ 75 à 82 et 84 à 88 ne s'appliquent point aux ouvriers engagés seulement à la journée et pour des travaux déterminés.

§ 90. *Surveillance de l'autorité administrative locale.* — Celle-ci surveille l'exécution des prescriptions contenues dans le présent chapitre et des mesures qu'elle ordonne, en vertu de ces prescriptions.

Elle doit adresser ses communications aux propriétaires de mines eux-mêmes, et, en cas de danger seulement, aux employés et ouvriers.

SIXIÈME SECTION. — DES CIRCONSCRIPTIONS (*).

§ 91. *Comités de circonscription* (**). — Les droits et intérêts communs à tous les propriétaires de mines d'une circonscription ou à certaines classes d'entre eux sont sauvegardés par des comités de circonscription.

Ces comités représentent la totalité de ces propriétaires de mines ou certaines classes d'entre eux, conduisent et administrent leurs affaires communes et prêtent serment, en leur nom, dans les procès.

§ 92. *Nombre des membres.* — Le comité de circonscription est formé de trois ou cinq membres, élus par les propriétaires de mines.

On élit aussi un nombre de suppléants égal à celui des membres titulaires. Ces suppléants sont convoqués d'après l'ancienneté du choix ou, à ancienneté égale, par le sort.

§ 93. *Éligibilité.* — Ne sont pas éligibles, comme membres des comités de circonscription ou comme suppléants :

a. Les fonctionnaires de l'administration des mines, dans la région où s'étend leur service;

b. Les personnes qui se trouvent dans les cas cités par le règlement général des villes, aux §§ 73, *d* à *h*, et 74 (combinés avec la loi du 9 décembre 1837, § 1), et par le règlement des communes (§ 29, 2 à 7).

§ 94. *Élection.* — Le comité de circonscription doit organiser et diriger l'élection des membres et des suppléants.

(*) *Revierverband.*
(**) *Revierausschüsse.*

Les propriétaires de mines ayant droit de vote sont invités à l'élection par trois publications, successivement faites dans la *Gazette de Leipsic* et dans le journal officiel, ou par écrit.

La majorité absolue des voix des votants présents est nécessaire pour la validité de l'élection, les voix se comptant suivant l'échelle donnée ci-dessous. Après deux votes sans résultat, la majorité relative devient décisive et, en cas d'égalité des voix, c'est le sort qui décide.

Le résultat de l'élection doit être communiqué, par le comité de circonscription, à l'administration des mines.

Lors du vote, les mines en exploitation ont un nombre de voix fixé d'après le nombre d'ouvriers qu'elles occupaient l'année précédente (§ 58, alinéa 3) : de 1 à 8 ouvriers, 1 voix ; — de 9 à 35, 2 voix ; — de 36 à 80, 3 voix ; — et, en général, de $9(n-1)^2$ à $9n^2-1$, n voix (*).

Lorsqu'un propriétaire de mine possède plusieurs exploitations, le nombre total des ouvriers employés est pris pour base de l'évaluation du nombre de voix.

Une exploitation en activité au moment du vote, mais qui n'a pas occupé d'ouvriers pendant l'année précédente, ne donne droit qu'à une voix.

Les exploitants en retard de deux ans ou plus, pour les versements dus à la caisse de circonscription, sans prorogation de délai, sont exclus du vote.

Le nombre de voix appartenant à chacun des propriétaires de mines doit être déterminé, à la fin de chaque année, par le comité de circonscription ou, à son défaut, par l'administration des mines, d'après les indications qu'ils fournissent sur le nombre d'ouvriers qu'ils occupent.

§ 95. *Durée des fonctions.* — Tous les deux ans, un membre du comité et un suppléant sortent. La première fois, l'ordre de sortie est déterminé par le sort ; ensuite, il l'est par l'ancienneté des fonctions.

Les membres sortants peuvent être immédiatement réélus.

§ 96. *Départ.* — Tout membre du comité ou suppléant peut se retirer, pendant la durée de ses fonctions, à condition d'avertir trois mois à l'avance le président du comité ou, lorsqu'il s'agit de celui-ci, son suppléant.

(*) Je n'ai pas besoin de dire que cette formule n'existe pas dans le texte, mais j'ai pensé qu'elle était préférable à la reproduction d'un tableau qui n'a pas moins de vingt-six lignes et se termine par *etc.*

Le comité peut dispenser de ce délai.

§ 97. *Élections pour compléter le comité.* — Tous les deux ans, on devra procéder aux élections nécessaires pour compléter le comité.

On élira, en même temps, pour le reste de la durée des fonctions, de nouveaux membres à la place de ceux qui se sont retirés (§ 96). Jusqu'à ce moment, les membres sortis sont remplacés par les suppléants, d'après le § 92, et ceux-ci par des personnes que choisit librement le comité de circonscription.

§ 98. *Contrôle de l'élection.* — L'administration des mines examine si le comité est légalement constitué et ordonne une nouvelle élection, lorsque la première ne satisfait pas aux prescriptions légales.

§ 99. *Rémunération.* — Les propriétaires de mines décident, à la majorité relative des voix (comparez le § 94), si les membres du comité de circonscription seront rémunérés et fixent la quotité de leur rémunération.

Les déboursés en argent, que le comité ou ses membres peuvent être obligés de faire pour la conduite des affaires, leur sont nécessairement payés.

§ 100. *Président, vice-président.* — Le comité de circonscription élit, dans son sein, un président et un vice-président.

Le président conduit les affaires, se met en rapport avec les autres membres du comité, signe toutes les pièces ou publications concernant les affaires, juridiques ou administratives, qui sont entreprises au nom du comité. Enfin il fait, au nom dudit comité, des déclarations à caractère obligatoire.

Le vice-président remplace le président, lorsque celui-ci ne peut remplir ses fonctions.

§ 101. *Publication des élections.* — Les noms et domiciles des membres du comité et des suppléants, ceux du président et du vice-président seront publiés dans la *Gazette de Leipsic* et dans une feuille locale, paraissant au siége du comité ou dans une localité voisine (comparez cependant le § 15).

Ces publications investissent complétement les personnes élues.

§ 102. *Résolutions.* — Les résolutions du comité de circonscription ne peuvent être votées que par tous les membres ou les suppléants qui se substituent à eux. La majorité des voix décide.

Dans la représentation et l'administration des établissements de circonscription, une résolution, prise par le comité incomplet, peut être valide, s'il y a, d'après l'avis de l'autorité chargée de la surveillance, un danger menaçant.

§ 103. *Exclusion de la discussion de certains membres.* — Lorsqu'une discussion du comité de circonscription porte sur l'intérêt propre d'un membre ou d'une exploitation dans laquelle ce membre est intéressé, il ne peut prendre part ni à la discussion ni au vote, et on lui substitue le premier suppléant non intéressé.

§ 104. *Exception.* — Sur la proposition des propriétaires de mines, le ministère compétent peut permettre qu'on s'écarte des prescriptions des §§ 91, 92, 95, 96, 97, 99 et 100, et que, pour certaines affaires attribuées par la présente loi aux comités de circonscription, il soit pris une disposition différente; mais cette proposition doit avoir été votée dans une réunion où au moins les deux tiers des votants (d'après le § 94) ont émis leurs votes.

§ 105. *Dissolution.* — L'administration des mines peut, sur une proposition des propriétaires, votée dans les mêmes conditions, prononcer la dissolution des comités de circonscription.

Lorsque l'administration considère la dissolution d'un comité comme nécessaire, parce qu'il néglige ses devoirs, d'une manière permanente, ou parce qu'il excède constamment ses pouvoirs, elle peut en avertir les propriétaires de mines et leur proposer la dissolution de ce comité.

En cas de dissolution d'un comité, l'administration doit prendre les mesures nécessaires à l'expédition des affaires pressantes qui peuvent se présenter et pour l'élection d'un nouveau comité, dont elle publie les résultats.

§ 106. *Établissements de circonscription. Participation.* — Tout propriétaire de mine a le droit et le devoir de participer aux établissements de circonscription existants, élevés dans l'intérêt commun de tous les propriétaires de mines de tout ou partie d'une circonscription, ou aux établissements spéciaux pour certaines catégories de propriétaires, lorsqu'il fait partie d'une de ces catégories, et cela conformément aux prescriptions des lois et règlements relatives à ce sujet. Il doit également avoir égard à ces établissements dans la conduite de son exploitation.

Le ministère compétent peut dispenser de la participation aux établissements de circonscription, suivant l'avis du comité, les exploitations de mine qui, à cause de leur situation isolée ou pour d'autres raisons, ne se trouvent point en relation avec le reste de la circonscription et, par conséquent, ne profiteraient pas des établissements communs (comparez le § 84, 5°). Quant à la participation de l'État, la législation actuelle reste en vigueur.

Les établissements de circonscription servant à l'exploitation des mines, comme travaux de secours et d'une manière immédiate,

sont considérés comme exploitations de mine, dans le sens de la présente loi.

§ 107. *Représentation des établissements de circonscription.* — Le comité de circonscription les représente judiciairement et extra-judiciairement, ainsi que les caisses de mineurs, mais celles-ci en commun avec les représentants de ces caisses.

§ 108. *Administration des établissements de circonscription.* — Elle appartient aux comités. Pour ce qui concerne les caisses de mineurs, ils administrent en commun avec les représentants de ces caisses; et, pour les établissements dépendants de l'administration générale des fonderies (magasins de Freiberg, conduites d'eau de la circonscription correspondante), en commun avec le représentant de cette administration. Ce dernier participe, sans aucune exception, à toutes les résolutions concernant l'établissement des magasins et des conduites d'eau, en tant que l'exige la protection des droits d'eau des usines.

L'autorité chargée de la surveillance juge immédiatement les différends qui peuvent se produire entre le comité de circonscription et le représentant dont il vient d'être question. Les recours ne suspendent pas l'effet de sa décision.

Elle doit être avertie du choix des employés préposés à l'administration de ces établissements et caisses.

Les prescriptions du § 69 s'appliquent au renvoi de ce personnel.

§ 109. *Surveillance de l'autorité.* — L'administration des établissements de circonscription, excepté les caisses des mineurs (§ 84, 7°), est soumise à la surveillance de l'administration des mines. Celle-ci doit tenir la main à ce qu'il ne soit pas dérogé aux lois et règlements.

Les dépenses extraordinaires à faire, par les caisses de ces établissements et leurs institutions organiques, sont soumises à l'approbation de l'administration des mines.

§ 110. *Établissements de circonscription servant à l'exploitation.* — La surveillance de l'administration des mines s'étend à la bonne organisation des établissements de circonscription ayant un rapport immédiat avec l'exploitation, tels que galeries, distributions d'eau, etc., des caisses qui sont destinées à l'exécution de travaux s'étendant à toute la circonscription et à l'entretien de certaines entreprises de mines, telles que les caisses des deniers de grâce (*) et les caisses de fouille. En conséquence, il

(*) *Gnadengroschencasse.*

faut soumettre à l'approbation de l'administration, d'après des prescriptions spéciales, les projets d'exploitation et d'aménagement de ces établissements et caisses, ainsi que les résolutions prises sur les distributions d'eau et les secours en argent à fournir par les caisses.

Le ministère des finances juge les différends entre l'administration des mines et le comité de circonscription.

Les dispositions du § 63 s'appliquent aux employés de ces établissements et caisses.

Dans la représentation de ces établissements, l'approbation de l'administration des mines est nécessaire pour toutes les actions judiciaires du comité de circonscription.

§ 111. *Dissolution des établissements de circonscription.* — Elle peut être prononcée par les intéressés, avec le consentement du ministère des finances, en tant que le règlement ne s'y oppose pas.

Les propriétaires de mines intéressés sont invités, par le comité de circonscription, à émettre leurs votes à ce sujet.

Une résolution n'est valable que si les deux tiers au moins des voix (d'après le § 94) se sont prononcés.

Pour ce qui concerne les caisses des mineurs, comparez le § 84, 1°.

§ 112. *Employés de circonscription.* — Le comité de circonscription installe les employés chargés des affaires qui intéressent tous les propriétaires de mines de la circonscription.

Les dispositions des §§ 63 et 69 s'appliquent à ces employés.

§ 113. *Responsabilité.* — Les employés de circonscription sont responsables, envers le comité, de toutes actions contraires ou infractions aux prescriptions légales et à leur ordre de service. L'autorité peut les punir pour les infractions aux mesures prescrites par elle dans l'étendue de son service. Les prescriptions légales générales s'appliquent au remboursement des dommages occasionnés par l'expédition irrégulière de leurs affaires.

§ 114. *Pensions.* — Les prescriptions du § 70 s'appliquent aux employés de circonscription, quant à leur participation aux caisses de secours, etc.

§ 115. *Mesures coercitives.* — En cas de contravention aux dispositions de cette section de la loi, l'autorité chargée de la surveillance invite le comité de circonscription à remplir ses obligations, dans un délai déterminé, au delà duquel elle peut lui infliger des amendes ; et, si celles-ci restent sans résultat, elle prend les mesures nécessaires, aux frais de la caisse de circonscription.

§ 116. *Comités de district pour les exploitations de charbon.* — La formation de comités de district, destinés à sauvegarder les intérêts communs des propriétaires d'exploitation de charbon, est facultative. Ces comités peuvent être entendus par l'administration des mines, dans les affaires concernant lesdites exploitations, et ils sont admis à présenter des propositions.

SEPTIÈME SECTION. — DES DROITS ET OBLIGATIONS RÉCIPROQUES ENTRE DIVERSES EXPLOITATIONS DE MINES.

§ 117. *Utilisation d'exploitations étrangères.* — En tant que, suivant l'avis de l'administration des mines, il ne résulte ni obstacle ni danger pour sa propre exploitation, tout propriétaire de mine est tenu de permettre à d'autres, contre indemnité :

a. D'ouvrir des chantiers, puits ou travaux semblables, partant de sa concession pour en rejoindre d'autres ;

b. D'ouvrir, dans sa concession, des galeries d'écoulement ou d'autres travaux de secours ;

c. De prendre, dans sa concession, les mesures de sécurité réclamées par leurs exploitations.

Cette obligation s'applique, dans les mêmes conditions,

d. A l'utilisation, par un propriétaire étranger, des travaux d'une mine et des eaux, en tant que l'exploitation de la mine étrangère deviendrait sans cela beaucoup plus difficile.

§ 118. *Évaluation de l'indemnité.* — L'indemnité mentionnée au § 117 sera fixée par l'administration des mines, lorsque les intéressés ne pourront pas s'entendre à l'amiable.

Tout dommage causé à un propriétaire de mine par une exploitation étrangère donne lieu à indemnité ; il doit être réparé complétement, lors même que l'exploitant étranger n'en est pas cause.

Dans les cas mentionnés au § 117, *d*, l'exploitant étranger doit rembourser particulièrement les dépenses pour usure et entretien, ainsi que les intérêts du capital de premier établissement, en proportion de l'emploi qu'il fait des installations.

Les minéraux extraits, dans les cas cités au § 117, *a* et *b*, par les travaux exécutés dans une concession étrangère, doivent être remis au propriétaire de cette mine sur sa demande, contre payement à son choix, soit des frais d'exploitation, soit de la valeur de ces minéraux estimée à dire d'experts (consultez les §§ 46 et 47).

L'entrepreneur des travaux ne peut disposer de ces minéraux, même s'ils ne lui ont pas été réclamés, que, lorsqu'après les avoir offerts au propriétaire de la mine, au plus tard en terminant ses

travaux, celui-ci n'a point, après un délai de quatre semaines, déclaré les accepter.

Sur la requête du propriétaire de mine, l'entrepreneur étranger devra déposer un cautionnement à l'administration des mines, pour les dommages éventuels.

§ 119. *Rencontre de plusieurs exploitations de mines dans le même champ.*—Lorsque des exploitations différentes viennent à se rencontrer dans le même champ, l'administration des mines ordonne, après audition des intéressés, de quelle manière le travail sera conduit, pour éviter autant que possible les inconvénients de l'incident.

Lorsque ces inconvénients mutuels ne peuvent être évités d'aucune façon, l'administration indique les restrictions à introduire dans l'exploitation.

Le propriétaire de mine dont l'entreprise est la plus importante pour l'intérêt public, suivant l'avis de l'administration, prime les autres dans l'exercice des droits d'exploitation.

Lorsque les entreprises sont d'importance égale, au point de vue de l'intérêt public, ce privilége appartient à la plus ancienne.

L'ancienneté se compte, lorsqu'il s'agit d'une exploitation de minerais métalliques se rencontrant avec une autre exploitation, à partir de l'ouverture de chacune d'elles.

Lorsque la restriction ordonnée frappe la plus ancienne des exploitations, celle-ci a droit à indemnité complète; au contraire, la plus récente n'a pas d'indemnité à réclamer.

Les dispositions du § 118 s'appliquent aux indemnités dont il est ici question.

La partie privilégiée doit, en tous cas, remettre à l'autre, sur sa demande, les minéraux concédés à cette dernière et extraits par son exploitation, conformément aux dispositions des alinéa 4 et 5 du § 118.

Lorsqu'une mine rencontre une exploitation de minéraux non soumise aux prescriptions de la présente loi, il y a lieu d'appliquer encore les principes précédents, mais en tenant compte des §§ 134 et 135.

§ 120. *Dommages causés à d'autres mines.* — Lorsqu'un propriétaire de mine cause, par son exploitation, des dommages à une autre mine, il doit indemniser le propriétaire de cette dernière, outre les cas de droit commun, dans le cas où ce dommage provient de sa négligence ou de l'absence des précautions par lesquelles il aurait pu éviter ce dommage, sans inconvénient pour lui-même.

§ 121. *Galeries d'écoulement* (*). — A l'avenir, il ne sera pas donné de concession nouvelle pour de telles galeries, sauf pour la continuation de galeries bouchées, à l'égard desquelles cette concession devra être demandée à l'administration des mines.

Les dispositions de la section VII de la loi du 22 mai 1851, sur l'exploitation régalienne, restent en vigueur, en ce qui concerne les galeries d'écoulement déjà existantes. De même, il n'est rien changé, par la présente loi, aux dispositions sur les galeries déjà existantes dans les mines de charbon et sur les machines d'épuisement que contiennent les §§ 9 à 17 et 29 des mandements sur l'extraction des charbons de terre, etc., du 10 septembre 1822 et du 2 avril 1830 (**).

HUITIÈME SECTION. — DES RELATIONS ENTRE LES EXPLOITANTS DE MINES ET LES PROPRIÉTAIRES DU SOL.

CHAPITRE Ier. — DE LA CESSION DES PROPRIÉTÉS FONCIÈRES NÉCESSAIRES A L'EXPLOITATION DES MINES.

§ 122. *Caractère obligatoire de cette cession.* — Lorsque l'exploitation des mines (consultez le § 4) nécessite l'utilisation d'un terrain étranger pour les travaux souterrains, les haldes, bâtiments, établissements de machines, voies ferrées et ordinaires, chantiers de travail et magasins, les établissements de préparation mécanique (§ 2), étangs, barrages et conduites d'eau, etc., le propriétaire du terrain est obligé, à moins de raisons majeures d'intérêt public et contre une indemnité complète,

1° De céder la propriété du terrain à l'entrepreneur de mines, — ou

2° De lui permettre l'occupation temporaire dudit terrain pour le temps nécessaire ou pour un temps déterminé, avec les changements qui pourront être indispensables, — ou enfin

3° D'accepter, pour ce terrain, fonds et tréfonds, une servitude en faveur de l'entrepreneur de mine.

Les propriétaires de la surface sont tenus de respecter les bornes limitant les concessions, contre indemnité.

(*) *Erbstölln.* — *Galeries héréditaires* destinées à l'écoulement des eaux, à l'aérage ou à l'ouverture d'un gisement.

(**) Les dispositions des lois précédentes, ainsi maintenues en vigueur, se rapportent à des objets trop spéciaux pour offrir un réel intérêt aux lecteurs français.

§ 123. *Choix du propriétaire du sol.* — Il s'exerce parmi les trois modes de cession prescrits au § 122.

§ 124. *Choix de l'entrepreneur de mine.* — Dans les cas mentionnés au § 122, celui-ci peut exiger,

a. La cession temporaire du terrain, lorsqu'on ne la considère comme nécessaire que pour un court laps de temps, c'est-à-dire ne dépassant pas la durée de trois ans, et lorsqu'il s'agit d'un terrain ne contenant ni édifices, ni établissements industriels ou d'utilité publique;

b. L'obtention d'une servitude, lorsque le propriétaire du terrain n'est pas par là gêné, d'une manière sensible, dans l'utilisation du reste du terrain et que ce reste n'est pas autrement mis en danger.

§ 125. *Cession temporaire.* — Dans ce cas (§ 122,2°), le terrain doit être remis en état et rendu à son propriétaire par l'entrepreneur de mine, dès qu'il n'en a plus besoin pour le but spécial qu'il voulait atteindre ou après l'expiration du délai fixé. Lorsque ce terrain ne peut être remis en état qu'avec des frais excessifs, le propriétaire du sol peut exiger soit une indemnité pour la moins-value, soit l'acquisition du terrain par le propriétaire de la mine.

Sur la demande du propriétaire du sol, l'entrepreneur de mine devra à cet effet, lors de la cession du terrain, fournir une caution, qui sera fixée d'après le § 134.

Lorsque des édifices ou d'autres établissements ont été érigés dans l'étendue d'un terrain et lorsque, sur sommation par ministère d'huissier faite au nom du propriétaire de mine, le propriétaire de ce terrain ne déclare pas, dans un délai de six semaines, vouloir reprendre ces édifices ou établissements pour leur valeur actuelle, le propriétaire de mine peut exiger la cession de la propriété du terrain.

Ce droit appartient encore au propriétaire de mine vis-à-vis des propriétaires de plusieurs terrains sur l'ensemble desquels s'étend un édifice ou autre établissement, lorsque l'un d'eux ou plusieurs ne veulent pas acquérir la propriété indivise de ces établissements, dans la forme indiquée.

Lorsque la cession du terrain devient nécessaire durant un temps plus long que celui qui avait été fixé ou pour un autre but, la procédure de la cession devra être recommencée.

§ 126. *Servitudes.* — Les servitudes forcées dans l'intérêt de l'exploitation des mines cessent d'elles-mêmes, dès qu'elles ne sont plus nécessaires pour atteindre le but fixé.

§ 127. *Limitation du droit à cession.* — L'obligation absolue de céder des terrains nécessaires à l'exploitation des mines, prescrite au § 122, souffre les exceptions suivantes.

§ 128. *Bâtiments d'habitation, etc.* — Pour les bâtiments d'habitation et d'exploitation, l'obligation prescrite au § 122 n'est de rigueur que dans les deux cas suivants :

a. La cession est nécessaire à la continuation d'une exploitation de mine déjà en marche ;

b. Les installations pour lesquelles la cession est demandée ne peuvent être faites ailleurs, sans inconvénients graves pour l'exploitation de la mine.

§ 129. *Fabriques.* — Lorsque l'exploitation des mines réclame la cession de terrains sur lesquels sont ou seront installés des établissements industriels, ou ayant de l'importance au point de vue de l'intérêt public, on devra examiner, lors de la décision concernant la cession (d'après le § 134) :

a. Laquelle des entreprises offrira le plus d'avantage, au point de vue de l'intérêt public, à un plus grand nombre d'hommes ou pendant un temps plus long, ou laquelle a, de toute autre manière, la plus grande influence sur l'économie du pays;

b. Laquelle des entreprises souffrira le moins d'un déplacement.

A conditions égales, l'entreprise existante doit être préférée à l'entreprise projetée.

§ 130. *Établissements publics.* — Lorsque l'exploitation des mines exige la cession de terrains ou de bâtiments servant ou devant servir à l'administration ou à d'autres intérêts publics, on devra examiner, lors de la décision concernant la cession, — d'une part, l'importance économique de l'entreprise de mine et les inconvénients que présenterait son déplacement; d'autre part, la valeur de l'établissement en question pour l'intérêt public et la possibilité d'un déplacement de cet établissement, sans inconvénient grave pour le but qu'il doit atteindre.

§ 131. *Suite.*— Lorsqu'un terrain à exproprier a déjà été antérieurement utilisé pour l'exploitation des mines, il y aura lieu d'en tenir compte dans l'examen à faire d'après les §§ 128, 129 et 130.

Lorsque, dans les cas mentionnés auxdits paragraphes, il s'agit seulement d'une servitude, ces prescriptions spéciales ne s'appliquent qu'en tant que l'utilisation des bâtiments ou terrains, pour leur destination propre, serait entravée ou mise en danger par cette servitude.

§ 132. *Acquisition des terrains non utilisables.* — Lorsque, par

suite d'une cession de terrain, certaines parties d'une propriété en seront séparées de telle manière que, d'après l'avis de l'autorité chargée de l'estimation (§ 135), l'utilisation ultérieure de ces parties deviendra impossible ou très-difficile pour le propriétaire, celui-ci peut exiger l'acquisition desdites parties de terrain par le propriétaire de mine, quand même elles ne pourraient pas servir à l'exploitation minière.

L'entrepreneur de mine peut exiger la cession de parties de terrain situées dans ces conditions, lorsque les dépenses qu'il aurait à faire, pour rendre ces parties de terrain abordables au propriétaire, excéderaient leur valeur.

Les prescriptions précédentes s'appliquent, d'une manière analogue, aux cessions temporaires.

§ 133. *Décision sur l'opportunité des cessions.* — La décision sur l'opportunité des cessions de terrain et leur mode, ou sur l'opportunité d'une servitude dans l'intérêt de l'exploitation des mines, appartient à l'administration.

§ 134. *Décision sur la cession.* — La question de savoir si une cession de terrain devra être faite et de quelle manière, celle de l'établissement des servitudes, ainsi que tous les différends que peuvent faire naître les prescriptions des §§ 122 à 132, sont soumis à l'administration des mines agissant en commun avec l'autorité administrative locale.

Lorsqu'il ne s'établit pas d'entente sur la décision à prendre ou lorsque les intéressés interjettent appel de la décision prise, le ministère des finances décide la question, de concert avec le ministère dont dépend le terrain ou bâtiment dont il s'agit, dans les cas du § 130, et avec le ministère de l'intérieur, dans tous les autrescas.

Lorsque cette seconde décision n'est pas conforme à la première, les intéressés peuvent en appeler une seconde fois devant les ministères compétents.

Les recours doivent être présentés dans un délai de dix jours, après communication de la décision, et les justifications sont admises pendant les quatorze jours suivants.

§ 135. *Évaluation de l'indemnité.* — L'évaluation des indemnités a lieu, dans tous les cas précités (§§ 122 et suivants), par l'autorité administrative locale, avec le concours des experts nécessaires. Le choix de ces experts appartient à l'autorité administrative locale, lorsque les intéressés ne s'entendent pas pour les désigner.

Ces intéressés peuvent appeler de la décision de l'autorité administrative locale à la direction du cercle et, en troisième instance,

au ministère de l'intérieur; les recours sont encore admis pendant un délai de dix jours, et les justifications pendant les quatorze jours suivants.

§ 136. *Voie judiciaire.*— Lorsque le propriétaire du sol ne veut pas accepter la décision rendue en exécution du § 135, il peut recourir à la voie judiciaire, pendant un délai de six mois (§§ 31 de la constitution et 7 de la loi A du 28 janvier 1835). Les affaires de cette nature sont jugées par les tribunaux dans le ressort desquels elles se présentent.

En attendant le jugement, la cession devra être faite et la somme qu'aura fixée l'autorité administrative payée aussitôt.

§ 137. *Créanciers indirects.* — Les usufruitiers, créanciers hypothécaires ou autres créanciers indirects dans le sens de la loi du 17 mars 1832, § 167, ne peuvent s'opposer aux cessions mentionnées dans les §§ 122 et 132. Ils sont libres de faire valoir leurs droits sur le montant des indemnités. Celles-ci doivent toujours être payées aux administrations des fonds et hypothèques, qui, avant de remettre l'argent au propriétaire du sol, sauvegardent les droits en question, conformément aux prescriptions des §§ 168 à 190 de ladite loi du 17 mars 1832, des §§ 34 et 35 de la loi du 15 mai 1851. Cependant il n'est pas nécessaire de consulter les créanciers hypothécaires, lorsque, suivant l'avis de l'administration des fonds et hypothèques, leurs intérêts ne peuvent pas être mis en danger par la restitution des indemnités au propriétaire du sol.

§ 138. *Frais.* — Tous les frais résultant des procédures pour cessions de terrain, etc., dans l'intérêt de l'exploitation des mines, sont à la charge des propriétaires de mines. Les communications entre les deux autorités de même instance se font sans frais et celles entre les autorités administratives et les experts sans timbre. Le remboursement des frais résultant d'un recours, administratif ou judiciaire (§ 136), est soumis aux prescriptions générales de procédure.

CHAPITRE II. — INDEMNITÉS POUR DOMMAGES OCCASIONNÉS PAR L'EXPLOITATION DES MINES.

§ 139. *Indemnités pour dommages occasionnés par les travaux souterrains.* — Les dommages ainsi occasionnés à des terrains, bâtiments et établissements ou autres objets de la surface, appartenant à des tiers, doivent être payés complétement par le propriétaire de la mine, que ces tiers soient, d'ailleurs, le proprié-

taire de la surface recouvrant les travaux souterrains ou d'autres personnes, qui, par exemple, ont pu être privées d'eau par les travaux.

§ 140. *Absence de cette obligation.* — Le droit à indemnité disparaît, lorsque les travaux souterrains qui ont occasionné le dommage existaient avant les bâtiments et établissements ou les droits lésés, ou lorsque le danger existant pour ces objets, par le fait de l'exploitation des mines, n'a pu rester inconnu de celui qui les a installés ou acquis, pour peu qu'il y appliquât une attention ordinaire.

§ 141. *Restriction à l'exploitation des mines, en cas d'opposition d'intérêts avec des établissements publics ou industriels.* — Lorsque l'exploitation de mines met en danger l'existence, ou empêche l'installation à la surface, d'établissements d'un intérêt public ou économique supérieur (§§ 129 et 130) ; lorsque l'opposition d'intérêts qui en résulte ne peut être éludée par le changement ou le transfert de ces établissements, l'exploitation devra être restreinte, autant qu'il sera nécessaire pour faire disparaître ces dangers ou ces obstacles.

§ 142. *Indemnité à l'entrepreneur de mine.* — Lorsque, dans le cas mentionné au § 141, cet entrepreneur possédait le droit d'exploitation avant la création de l'établissement dont il s'agit, l'entrepreneur de cet établissement sera responsable des frais occasionnés à l'exploitation minière, et, en cas de restriction de cette exploitation, il devra une indemnité à l'entrepreneur de mine.

Si l'existence de l'établissement de la surface est antérieure au droit d'exploitation, l'entrepreneur de mine se soumettra aux restrictions nécessaires, sans avoir droit à indemnité, et supportera les frais des mesures de sécurité réclamées par ledit établissement.

§ 143. *Restriction de la concession.* — Lorsqu'il est à présumer qu'une exploitation, sur le point de s'ouvrir, occasionnera des dommages à un établissement projeté à la surface et de l'espèce mentionnée au § 141, l'administration devra, pour les mines métalliques, restreindre le périmètre de la concession dans la mesure voulue, sans que le demandeur en concession ait droit à indemnité.

§ 144. *Acquisition de terrains endommagés.* — Lorsque l'exploitation des mines empêche, d'une manière permanente, ou rend très-difficile l'utilisation convenable de terrains superficiaires, par des opérations, souterraines ou au jour, faites ou non sur ces terrains, le propriétaire desdits terrains et des lambeaux devenus

inexploitables peut exiger leur acquisition par l'entrepreneur de mine.

§ 145. *Établissements incommodes.* — Les établissements qui dépendent de l'exploitation des mines et sont particulièrement incommodes pour le voisinage, comme les ateliers de préparation mécanique et autres, sont soumis aux dispositions des §§ 22 à 34 de la loi industrielle du 15 octobre 1861.

§ 146. *Droit de passage sur les terrains.* — Les propriétaires du sol doivent permettre l'accès de leurs terrains et des excavations souterraines à l'administration des mines et à ses délégués, ainsi qu'aux entrepreneurs de mines et à leurs employés, pour tout examen qui serait à faire de ces lieux dans l'intérêt de l'exploitation des mines.

Ces propriétaires doivent être avertis à l'avance de ces visites. Les entrepreneurs de mines ou leurs employés sont tenus de leur présenter l'autorisation délivrée par l'administration des mines. Ils sont, en outre, complètement indemnisés des dommages qu'ils peuvent éprouver.

§ 147. *Autorités.*—Toute décision sur l'obligation d'indemniser des dommages mentionnés au § 139, sur la nécessité d'une restriction de l'exploitation dans les conditions du § 141, ainsi que sur l'acquisition obligatoire d'un terrain endommagé aux termes du § 144, est rendue par application des §§ 134 et 135. L'évaluation des indemnités revenant, d'après les paragraphes précédents de ce chapitre, aux propriétaires fonciers ou aux entrepreneurs de mines, est régie par les mêmes dispositions. Par exception, l'évaluation des terrains dont l'acquisition est forcée, aux termes du § 144, a lieu d'après les prescriptions des §§ 135 et 136.

§ 148. *Voie judiciaire.* — Lorsqu'il s'élève des différends sur l'obligation et la quotité de l'indemnité, et lorsque les intéressés n'acceptent pas la décision de l'autorité administrative (§§ 134 et 147), ils peuvent avoir recours à la voie judiciaire, pendant un délai de six mois.

§ 149. *Autres dommages.* — Les dommages autres que ceux mentionnés au § 139, qui sont occasionnés par l'exploitation des mines, et les indemnités y relatives, donnent lieu à l'application des prescriptions du code civil.

§ 150. *Caution.* — La question du dépôt obligatoire d'une caution pour les dommages éventuels est jugée suivant les dispositions des lois générales.

L'entrepreneur de mine devra s'abstenir, tant que cette question ne sera pas jugée, et sur la demande de l'autre partie, de

toutes opérations pouvant, à dire d'experts, menacer la sécurité de la surface.

§ 151. *Frais.* — Ceux occasionnés par l'évaluation des dommages et l'examen qu'elle nécessite sont à la charge de celui qui doit payer l'indemnité.

Les frais occasionnés par cet examen, pour la restriction d'une exploitation de mine, sont à la charge de l'entrepreneur, dans les cas où il n'a pas droit à indemnité.

La prescription du § 138, alinéa 2, s'applique aux frais à régler par voie administrative.

Le payement des frais occasionnés par un appel ou par le recours à la voie judiciaire (§ 138) est soumis aux prescriptions générales en matière de procès.

NEUVIÈME SECTION. — DE L'UTILISATION DES EAUX DE MINES.

§ 152. *Droit de disposition, dans les travaux souterrains, des eaux émergées par l'exploitation.* — Le droit de disposer, dans l'intérieur des galeries ou excavations d'une mine, des eaux émergées par les travaux souterrains, appartient au propriétaire de ladite mine.

§ 153. *Droit de disposition, en dehors des travaux souterrains, des eaux émergées par l'exploitation.* — L'administration des mines a le droit de disposer des eaux qui s'écoulent des galeries ou travaux souterrains d'une mine, par l'exploitation de laquelle elles ont été émergées, que cette exploitation soit ou non en activité, pourvu que les propriétaires de la mine n'en aient pas besoin pour le service de ladite exploitation.

Ce droit de disposition s'étend jusqu'à l'endroit où ces eaux viennent se jeter dans un courant d'eau naturel.

§ 154. *Déclaration du propriétaire de mine.* — Lorsqu'un tiers réclame des eaux de l'espèce mentionnée au § 153, les propriétaires de l'exploitation d'où s'écoulent ces eaux doivent être invités, par l'administration des mines, à déclarer, dans un délai fixé par celle-ci, s'ils ont l'intention d'utiliser ces eaux, de suite ou plus tard, pour le service de ladite exploitation.

Lorsqu'aucune déclaration n'est produite, pendant ce délai, ou lorsque le propriétaire de la mine ne fait pas usage, pendant trois ans, du droit à lui réservé, l'administration peut concéder les eaux comme il est dit au § 157.

§ 155. *Emploi de ces eaux.* — Il est réservé exclusivement au

service de l'exploitation des mines. Cependant, si elles ne sont pas réclamées dans ce but, l'administration peut en permettre temporairement l'utilisation pour d'autres objets, à la condition qu'elles devront être immédiatement restituées au service des exploitations de mines, sur sa demande et sans indemnité aucune. Cette permission est personnelle.

Pour cette utilisation temporaire, le propriétaire du terrain dans lequel les eaux émergent a un droit de préférence, à moins que l'emploi projeté par d'autres ne présente une plus grande importance, aux points de vue envisagés au § 129.

§ 156. *Exception.* — Lorsque cela ne présente pas d'inconvénients pour l'exploitation des mines, le ministère des finances peut autoriser des dérogations aux prescriptions précédentes sur les eaux de mine, en ce qui concerne le droit d'emploi exclusif et le droit de disposition de l'administration des mines. Dans ce cas, il y a lieu d'appliquer les prescriptions générales sur le droit d'utilisation des eaux courantes; l'indemnité à payer par les caisses de circonscription, aux termes du § 167, est alors supprimée.

§ 157. *Concession de ces eaux pour le service de l'exploitation des mines.* — Le droit d'utiliser les eaux de mine (§ 153), pour une entreprise de mine, est conféré par une concession que régissent les prescriptions suivantes (§§ 158 à 164); les dispositions de la présente loi sur les concessions de mines (section III) n'y sont point applicables.

§ 158. *Suite.* — Lors de la concession, il y a lieu de fixer l'endroit où les eaux seront employées, le mode d'emploi ainsi que la quantité d'eau et la hauteur de chute accordées au concessionnaire.

§ 159. *Suite.*—En outre, l'administration des mines devra prescrire toutes les dispositions qu'elle considère comme nécessaires pour éviter la lésion des intérêts publics ou privés, par exemple, les mesures à prendre pour la protection de la mine d'où les eaux s'écoulent, le délai d'exécution des établissements auxquels l'eau doit servir, la durée de la concession, l'usage temporaire, etc..

§ 160. *Concurrence de plusieurs demandes en concession d'eaux.* — Lorsque les mêmes eaux sont réclamées pour le service de plusieurs exploitations de mines et lorsqu'il n'est pas possible de les satisfaire toutes, dans la distribution des quantités d'eau, des hauteurs de chute ou des durées d'emploi, il y a lieu de donner la préférence à l'entreprise qui présente le plus d'importance pour l'intérêt public.

Dans des conditions égales ou peu différentes, la préférence

sera donnée à celle des entreprises qui, par sa nature, est fixée exclusivement à un endroit déterminé ; si, sous ce rapport encore, les conditions des entreprises sont les mêmes, la concession sera accordée aux premiers demandeurs.

§ 161. *Limitation de la concession à la quantité d'eau nécessaire.* — La quantité d'eau accordée par la concession devra être limitée à ce qui est réellement nécessaire pour atteindre le but projeté, avec un aménagement rationnel et économique.

§ 162. *Suite.* — Lorsqu'un établissement vient à être modifié et à nécessiter moins d'eau pour son travail, la concession peut être réduite à la quantité nécessaire actuellement. D'autres peuvent alors demander la concession de l'excès d'eau ainsi économisé.

Cependant on réserve encore, dans ce cas, le droit de déclaration de l'ancien concessionnaire d'après le § 164,*a*.

§ 163. *Suite.* — Lorsqu'il est possible d'économiser une partie de l'eau servant à faire marcher un établissement, sans changer sa production, en modifiant les constructions hydrauliques ou les moteurs, il peut être donné suite à une demande faite à ce sujet, lorsqu'elle a en vue l'intérêt incontestable d'autres entreprises de mines, utiles et qui, sans cette modification, ne pourraient pas recevoir aussi facilement la quantité d'eau nécessaire.

L'administration des mines examine les demandes de cette nature, notamment aux points de vue de la possibilité et de la convenance de leur admission, et elle décide les moyens d'exécution et les indemnités.

§ 164. *Suite.* — Lorsqu'une demande de cette nature est reconnue admissible,

a. Le propriétaire de l'établissement auquel la demande est relative doit déclarer, dans un délai de six mois à partir de l'avertissement donné par l'administration des mines, s'il a l'intention, après modification de ces moteurs ou constructions hydrauliques, d'utiliser lui-même, pour d'autres établissements d'exploitation des mines, la quantité d'eau économisée et d'exclure ainsi le demandeur.

Lorsque l'emploi nouveau ainsi projeté est considéré comme utile par l'administration des mines, le concessionnaire doit opérer lui-même les changements de construction propres à procurer l'économie de l'eau.

Il lui est accordé, pour opérer ces changements, un délai au delà duquel ils pourront être exécutés dans l'intérêt du nouveau demandeur, à qui sera concédée alors la quantité d'eau devenue disponible.

b. Au cas où le propriétaire de l'établissement ne déclare pas vouloir employer lui-même l'eau devenue disponible ou lorsqu'il n'exécute pas, dans le délai fixé, les changements dont il s'agit, ils sont faits aux frais du nouveau demandeur et l'eau devenue disponible est concédée à celui-ci.

Dans ce cas, le nouveau demandeur supporte les frais et risques des changements; il doit indemniser le propriétaire de l'établissement du dérangement éventuel de son exploitation.

L'eau devenue disponible ne donne pas lieu à indemnité.

En tant que le montant de l'indemnité peut être prévu, elle doit être payée au propriétaire de l'établissement avant qu'on ne commence les changements. Pour les dommages dont le montant ne peut être prévu, le nouveau demandeur doit déposer une caution fixée par l'administration des mines, après audition des intéressés.

Lorsque le propriétaire de l'établissement veut entreprendre lui-même le changement, contre payement immédiat des frais et de l'indemnité, il le peut; mais l'eau disponible est alors concédée au nouveau demandeur, que le propriétaire de l'établissement rentre ou non dans ses frais en recevant la somme qui a été fixée.

Dans le cas contraire, le changement est fait par le nouveau demandeur sous la surveillance de l'administration des mines.

§ 165. *Perte du droit d'emploi des eaux*. — Elle a lieu,

a. Lorsque le concessionnaire n'a pas fait usage du droit concédé, dans le délai fixé par la concession, ou même lorsqu'il a seulement retardé les travaux préparatoires indispensables, assez longtemps pour qu'il soit devenu impossible, d'après l'avis de l'administration des mines, de commencer à faire usage des eaux dans ledit délai;

b. Par l'enlèvement ou la suspension des installations nécessaires pour l'emploi des eaux;

c. Par le changement de la destination pour laquelle l'eau avait été concédée;

d. Par l'expiration du délai durant lequel la concession d'eau avait été accordée.

§ 166. *Concession d'eau nouvelle*. — Avant de procéder à une concession nouvelle, il faut inviter l'ancien concessionnaire à déclarer, dans un délai de six semaines, s'il veut ou non continuer à employer les eaux de la manière fixée par la concession.

Dans le premier cas, un délai convenable lui est accordé pour les mesures à prendre.

S'il laisse passer ce délai ou s'il ne produit aucune déclaration, ces eaux peuvent être concédées à d'autres.

§ 167. *Obligation pour les propriétaires fonciers de recevoir les eaux de mine.* — Les propriétaires fonciers sont obligés de recevoir les eaux de mine, là où elles arrivent au jour et sur leur parcours, et de les laisser écouler par leurs terrains, conformément aux dispositions fixées dans la section VIII.

L'indemnité due aux propriétaires des terrains est fixée d'après le § 135 et payée par l'exploitant de la mine qui produit les eaux. Si cette mine est abandonnée, l'indemnité est prélevée par le comité de circonscription dans la caisse de circonscription.

DIXIÈME SECTION. — DE L'EXTINCTION DU DROIT D'EXPLOITATION DES MINES ET DES MINES ABANDONNÉES.

§ 168. *Renonciation au droit d'exploitation.* — On peut renoncer, en tout temps, totalement ou partiellement, par une déclaration faite à l'administration des mines, à un droit d'exploitation (comparez le § 52).

Lorsqu'il fait l'objet d'une concession, ce droit ne peut être abandonné en partie que si les régions abandonnées peuvent être réunies à d'autres concessions ou à des terrains non concédés. L'administration des mines peut, si elle le juge convenable, déroger à cette prescription.

§ 169. *Extinction du droit d'exploitation.* — Lorsqu'un droit d'exploitation est, en partie ou en totalité, abandonné par l'ayant droit ou lorsqu'il lui est retiré, il en est donné connaissance au public, à la requête de l'administration des mines, par l'autorité judiciaire compétente. Avis en est également donné aux créanciers hypothécaires et, s'il s'agit d'exploitations de charbon, aux propriétaires fonciers.

Les créanciers de la mine ont le droit de demander à l'autorité judiciaire compétente, pendant un délai de trois mois à compter de la publication citée plus haut, la mise à l'enchère judiciaire de la propriété de la mine et l'extinction de leur créance au moyen du produit de la vente.

De même, celui auquel le droit d'exploitation a été retiré peut proposer, contre le dépôt d'une caution, destinée au payement éventuel des frais de procédure, et pendant un délai de trois mois à partir de l'époque de sa déchéance légale, la mise à l'enchère pour son compte.

Lorsqu'il n'y a pas eu de proposition pour une mise aux enchères ou lorsque ces enchères n'ont pas donné de résultat, le droit d'exploitation est déclaré éteint ; on le raye du registre des conces-

sions (§ 44), on clôt la feuille y relative, dans le livre des fonds et hypothèques, et on consacre une autre feuille aux dépendances immobilières (§ 171, alinéa 3).

Le droit d'exploitation s'éteint de même, lorsque la mise à l'enchère ordinaire après saisie n'a pas donné de résultat.

§ 170. *Droit de disposition ultérieure.* — Avec l'extinction du droit d'exploitation, l'objet de ce droit est de nouveau à la disposition de l'État (§ 3), s'il s'agit de minéraux métalliques, et à celle du propriétaire foncier, dans tout autre cas.

§ 171. *Dépendances.* — Lors de l'extinction du droit d'exploitation, l'ancien propriétaire de mine ne peut enlever les installations existantes, souterrainement ou au jour, qu'autant qu'il n'en résulte, suivant l'avis de l'administration, aucun danger pour la surface ou les habitants, ni pour d'autres mines.

En cas de contravention, cet ancien propriétaire reste responsable des dommages ainsi occasionnés et est tenu de rétablir les choses dans leur état primitif.

Toutes les autres dépendances restent la propriété de l'ancien exploitant, sauf les droits des tiers et en particulier les créances à inscrire d'office sur la feuille nouvelle (§ 169, alinéa 4), mais sans y comprendre les avances pour l'exploitation non remboursées (§ 53).

§ 172. *Conservation des mines abandonnées.*—Nul ne doit, sans le consentement de l'administration des mines, faire de changements à l'état de telles mines, ni y conduire des eaux quelconques de la surface.

§ 173. *Haldes anciennes.* — Elles ne peuvent être aplanies que du consentement de l'administration des mines, lequel n'est refusé que par des raisons de police ou dans l'intérêt de la reprise future de l'exploitation.

ONZIÈME SECTION. — Des autorités.

§ 174. *Autorités.*—Les affaires à traiter en exécution de la présente loi appartiennent, en tant qu'elles ne sont pas dévolues expressément aux autorités administratives générales ou aux autorités judiciaires,

1° En première instance, aux administrations des mines (*), auxquelles sont attachés des employés techniques locaux;

2° En deuxième instance, au ministère des finances.

(*) *Bergaemter.*

Les différends de compétence entre les autorités administratives inférieures sont soumis à la décision en commun des ministères des finances et de l'intérieur.

§ 175. *Comité.* — Les décisions des administrations des mines sur des prescriptions générales de police souterraine, sur les mesures coercitives des §§ 68, 1 et 2, et 115, sur le règlement des prétentions concurrentes de plusieurs propriétaires de mines d'après les §§ 56, alinéas 2 et 3, 57, 117, 118 et 119, et sur les institutions organiques mentionnées au § 109, alinéa 2, enfin les résolutions nécessaires d'après les §§ 110 et 133, doivent être prises par un comité d'au moins trois membres.

§ 176. *Recours.* — Les résolutions et décisions des administrations des mines sont susceptibles d'un recours au ministère des finances; les décisions de ce dernier sont sans appel.

Les recours doivent être présentés dans un délai de dix jours, compté à partir de la notification de la décision, et un délai subséquent de quatorze jours est accordé pour les justifications.

Dans les affaires de justice administrative, le ministère des finances devra procéder, pour le premier recours, d'après le § 18, et, pour le deuxième, d'après le § 24 de la loi D du 30 janvier 1835.

§ 177. *Pénalités.* — Pour assurer l'exécution des mesures prescrites par la présente loi et des ordonnances qui s'y rapportent, les autorités compétentes peuvent, en tant que la loi n'indique pas de dispositions pénales particulières, infliger des amendes jusqu'à la somme de 300 *thaler* (1.125 francs) ou de la prison jusqu'à huit semaines (articles 27 à 29 du code pénal de 1855; consultez le § 68).

§ 178. *Frais.* — Pour les affaires expédiées par les autorités, dans l'intérêt des propriétaires de mines, ceux-ci doivent les frais fixés par les règlements.

Pour les affaires expédiées par l'administration, le règlement joint à la présente loi (*) sert de base.

Les affaires qui concernent des intérêts généraux de l'exploitation des mines, l'exercice de la surveillance de police ou d'économie publique et enfin les impôts, doivent être expédiées gratuitement, en tant qu'il n'y a pas désobéissance des propriétaires de mines.

§ 179. *Tribunal d'arbitres.* — La décision sur les oppositions mentionnées aux §§ 117, 118, 119 et 120 peut, en tant qu'il n'y a pas d'intérêts publics en jeu, être déférée, à la demande des deux parties intéressées, à un tribunal d'arbitres, chaque partie élisant

(*) La reproduction de ce tarif était évidemment inutile.

un des arbitres et, s'il est nécessaire, ceux-ci en nommant un troisième.

L'administration des mines dirige les opérations, mais sans influencer la décision elle-même.

Il n'y a pas de recours contre la décision des arbitres.

DOUZIÈME SECTION. — Dispositions finales.

§ 180. *Minerais de fer de marais.* — Le droit de rechercher et d'exploiter ces minerais appartient aux propriétaires fonciers.

Les prescriptions de la présente loi s'appliquent aux exploitations de minerai de fer de marais concédées ou demandées en concession, lors de la mise en vigueur de la loi. La surveillance de ces exploitations appartient aux autorités administratives générales.

§ 181. *Utilisation des eaux courantes.*—Le droit d'utiliser, pour l'exploitation des mines, d'autres eaux que les eaux de mine sera conféré, jusqu'à nouvel ordre, par l'administration des mines, après entente préalable avec les autorités administratives locales.

Sa décision est susceptible d'un recours au ministère des finances, qui s'entend à ce sujet avec le ministère de l'intérieur.

§ 182. *Abrogation d'anciennes dispositions.* — Sont abrogés la loi du 22 mai 1851, sur l'exploitation des mines métalliques, et les mandements des 10 septembre 1822 et 2 avril 1830, sur l'exploitation du charbon de terre, sauf les dispositions maintenues expressément. Sont abrogées également toutes les autres prescriptions légales antérieures, sur l'exploitation des mines, qui sont contraires à la présente loi.

§ 183. *Exceptions.*— Sont exclues de la disposition du § 182 les prescriptions des §§ 8, 57 (3), 268 (2), 157,2, 229, 231, 257 à 259, 283 (3), 287, 288, 293 (3), 299 (4), 300, 301, 304 et 305 de la loi sur les mines du 22 mai 1851. Ces prescriptions resteront en vigueur à l'avenir.

De même, la disposition du § 216 de ladite loi reste en vigueur, pour les mines métalliques existantes lors de la promulgation de la présente loi (comparez le § 106, alinéa 3), pour lesquelles les exploitants auront produit à cette époque des demandes en cession de droits d'eau. Ces demandes sont examinées d'après les prescriptions de la loi du 22 mai 1851 (*).

(*) Les dispositions des lois précédentes, ainsi maintenues en vigueur, se rapportent à des objets trop spéciaux pour offrir un réel intérêt aux lecteurs français.

§ 184. *Redevance des produits dans le Voigtland.* — L'usage en vigueur jusqu'alors, d'après lequel les propriétaires fonciers de la circonscription du Voigtland étaient tenus de céder aux exploitants de minerais de fer les terrains nécessaires à l'exploitation, contre une redevance déterminée sur les produits, ne s'applique plus aux cessions de terrains qui deviendront nécessaires à partir de la mise en vigueur de la présente loi.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Première section (§ 1 à § 6). Dispositions générales. 61

Deuxième section (§ 7 à § 17). De la participation à l'exploitation des mines. 62

Troisième section (§ 18 à § 47). De l'acquisition immédiate du droit d'exploitation des minéraux métalliques. 65

Chapitre I (§ 18 à § 31). Des fouilles. . . . . —

Chapitre II (§ 32 à § 38). Des demandes en concession. 68

Chapitre III (§ 39 à § 47). De la concession. 69

Quatrième section (§ 48 à § 54). Dispositions juridiques concernant les concessions de mines. 73

Cinquième section (§ 55 à § 90). De l'exploitation des mines. 75

Chapitre I (§ 55 à § 68). De l'exploitation. . . . . —

Chapitre II (§ 69 à § 90). Du personnel. 79

Sixième section (§ 91 à § 116). Des circonscriptions. 87

Septième section (§ 117 à § 121). Des droits et obligations réciproques entre diverses exploitations de mines. 93

Huitième section (§ 122 à § 151). Des relations entre les exploitants de mines et les propriétaires du sol. 97

Chapitre I (§ 122 à § 138). De la cession des propriétés foncières nécessaires à l'exploitation des mines. —

Chapitre II (§ 139 à § 151). Indemnités pour dommages occasionnés par l'exploitation des mines. 100

Neuvième section (§ 152 à § 167). De l'utilisation des eaux de mines. 102

Dixième section (§ 168 à § 173). De l'extinction du droit d'exploitation de mines et des mines abandonnées.. 106

Onzième section (§ 174 à § 179). Des autorités. 108

Douzième section (§ 180 à § 184). Dispositions finales.. 109

DÉCRETS.

Décret du 9 janvier 1870, relatif à l'importation des fers et fontes.

Napoléon, etc.,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture et du commerce;

Vu l'article 5 de la loi du 5 juillet 1836;

Vu notre décret du 15 février 1862;

Avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1er. Les fontes continueront à être admises sous le régime des importations temporaires, tel qu'il est réglé par notre décret du 15 février 1862.

Toutefois, les fontes de moulage ne pourront être importées sous ce régime que pour la fabrication d'ouvrages en fonte moulée.

Art. 2. Les fers et autres métaux énumérés dans l'article 1er du décret du 15 février 1862 devront être transportés dans les usines autorisées à les mettre en œuvre.

Le service des douanes prendra les mesures nécessaires pour assurer l'arrivée de ces produits à destination.

Art. 3. Les fers obtenus au charbon de bois ne pourront être compensés à la sortie par des ouvrages fabriqués avec des fers au coke.

Art. 4. Les crédits d'importation ne seront ouverts que sur l'avis du comité consultatif des arts et manufactures, chargé de s'assurer de la corrélation existant entre les matières importées et les produits à exporter.

Art. 5. Sont maintenues toutes les dispositions de notre décret du 15 février 1862 qui ne sont point contraires au présent.

Art. 6. Les crédits d'importation déjà ouverts seront valables pendant six mois, à partir de la date du présent décret, sous les conditions déterminées par les règlements antérieurs.

Art. 7. Nos ministres secrétaires d'Etat au département de l'agriculture et du commerce et au département des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Décret du 22 janvier 1870, qui accorde au sieur VEILLON, *agissant au nom de la* Société civile dite de sondage des MAGES, *qu'il représente, la concession de mines de houille situées dans les communes des* MAGES, *de* SAINT-AMBROIX, *de* SAINT-VICTOR-MALCAP, *de* POTELLIÈRES, *de* SAINT-JULIEN-DE-CASSAGNAC, *de* ROUSSON *et de* SALINDRES, *arrondissement d'*Alais, *département du* Gard.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des Mages*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir:

Au nord-est, par une ligne droite partant du clocher de Saint-Ambroix, point A du plan, et allant au clocher de Saint-Victor-de-Malcap, point B du plan;

Au sud-ouest, par deux lignes droites successives tirées : la première, du point B, ci-dessus désigné, au clocher de Saint-Julien-de-Cassagnac, point C du plan; la seconde, de ce dernier point C au clocher de Salingres, point D du plan;

A l'ouest, par deux lignes droites successives tirées: la première, du point D, ci-dessus désigné, au clocher de Rousson, point E du plan; la seconde, de ce dernier point E au milieu du pont jeté sur la rivière d'Avesnes et faisant partie de la route n° 104, d'Alais au Pouzin, point F du plan;

Au nord-ouest, de ce dernier point F, par une ligne droite allant au clocher de Saint-Ambroix, point A du plan et point de départ. Cette dernière limite est commune avec la concession houillère de Saint-Jean-de-Valérisch;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 27 kilomètres quarrés, 94 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,10 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 10. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner par une déclaration authentique, faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en leur nom avec l'autorité administrative et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines de houille DES MAGES, *département du Gard.*

Art. 5. La houille menue et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportées au jour, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport des ingénieurs des mines.

Art. 6. Les concessionnaires seront tenus de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient, à cet effet, leur être imposées.

Décret du 12 février 1870, qui autorise la réunion des concessions des mines de lignite de la Grande-Concession, Mimet, Gardanne, Gréasque *et* Belcodène, Pont-du-Jas-de-Bassas, Trets, La Bouilladisse *et* Auriol, *département des* Bouches-du-Rhône.

(Extrait.)

Art. 2. La présente autorisation est accordée à charge, par les sociétés impétrantes, de tenir en activité l'exploitation de chaque concession, conformément à l'article 31 de la loi du 21 avril 1810.

Décret du 27 mars 1869, relatif à l'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

Napoléon, etc.,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics;

Vu notre décret du 7 décembre 1868, qui confère aux ingénieurs du corps impérial des mines les fonctions d'inspecteur du travail des enfants dans les manufactures;

Vu les communications adressées à notre ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, par le préfet de police, pour le département de la Seine, et par les préfets des départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Seine-Inférieure et de la Somme, et desquelles il résulte que des inspecteurs spéciaux, rétribués sur les fonds départementaux, ont été institués dans ces départements pour la surveillance du travail des enfants dans les manufactures;

Avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1er. Dans les départements où des inspecteurs spéciaux du travail des enfants dans les manufactures ont été institués, à l'aide des fonds votés par les conseils généraux, et où ces conseils continueraient d'inscrire à leurs budgets les allocations nécessaires, ces inspecteurs seront maintenus dans leurs fonctions.

Ils les exerceront sous la direction des ingénieurs des mines de la circonscription à laquelle ils sont attachés.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, est chargé de l'exécution du présent décret.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

DÉCEMBRE 1869, JANVIER ET FÉVRIER 1870.

Inspection du travail des enfants dans les manufactures.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 24 décembre 1869.

Monsieur le préfet, le décret du 17 juillet 1869 ayant rétabli le département de l'agriculture et du commerce, tel qu'il existait avant sa réunion au ministère des travaux publics, le service d'inspection du travail des enfants dans les manufactures fait naturellement retour au département de l'agriculture et du commerce, auquel il avait précédemment appartenu. D'autre part, aux termes des dispositions du décret du 7 décembre 1868 (*), l'inspection du travail des enfants dans les manufactures doit s'exercer avec le concours des ingénieurs du corps impérial des mines, et il y avait un intérêt de premier ordre à ne par renoncer à un aussi précieux concours. Mon département a donc dû se concerter avec celui des travaux publics, dans le but d'assurer l'exécution des décrets que je viens de rappeler, et, d'après un accord intervenu entre mon collègue et moi, il demeure décidé que dorénavant MM. les préfets recevront exclusivement du département de l'agriculture et du commerce, tant pour eux-mêmes que pour les ingénieurs placés sous leurs ordres, les instructions relatives au travail des enfants dans les manufactures, et que réciproquement ils adresseront par la même voie à ce département toutes les communications et états statistiques concernant le même service.

Il n'est rien changé, d'ailleurs, en ce qui concerne cette partie

(*) 6e série, *partie administrative*, t. VII, p. 517.

de leurs attributions, aux instructions déjà données par l'administration pour ce service spécial.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le ministre de l'agriculture et du commerce,
ALFRED LE ROUX.

Service de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures et de la statistique industrielle.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 15 janvier 1870.

Monsieur le préfet, il résulte des renseignements qui m'ont été fournis que la loi du 22 mars 1841 (*), relative au travail des enfants dans les manufactures, n'est pas uniformément observée dans tous les départements de l'empire, notamment en ce qui touche la durée du travail des plus jeunes enfants, et l'instruction primaire élémentaire dont doivent justifier les enfants, âgés de plus de douze ans, qui font leur entrée dans les ateliers industriels.

Je vous prie, monsieur le préfet, de vouloir bien rechercher, en ce qui concerne votre département, les causes de cet état de choses. Je laisse de côté, bien entendu, le fond même de notre législation; les modifications dont la loi précitée peut paraître susceptible sont l'objet d'une étude spéciale que poursuit mon administration, en vue de la présentation d'une loi nouvelle sur la matière. Je ne m'occupe ici que du service de l'inspection et des moyens dont ce service dispose pour faire observer la loi, telle qu'elle est conçue actuellement. Vous aurez à examiner si le personnel d'inspection de votre département est suffisant pour son objet et, dans le cas où il vous semblerait nécessaire de le renforcer, vous auriez à me faire connaître avec précision dans quelles conditions, selon vous, cet important service pourrait désormais être pleinement assuré dans votre département.

Agréez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le ministre de l'agriculture et du commerce,
LOUVET.

(*) 6e série, *partie administrative*, t. VII, p. 533.

Surveillance du travail des enfants dans les manufactures.

A M. le Préfet du département d'

Paris, le 17 janvier 1870.

Monsieur le préfet, à l'époque où a été rendu le décret du 7 décembre 1868 (*), qui confie aux ingénieurs du corps impérial des mines, chacun dans sa circonscription, la surveillance du travail des enfants dans les manufactures, les services de l'agriculture et du commerce et ceux des travaux publics étaient réunis dans les mains du même ministre; c'était à lui qu'il appartenait de traiter les questions relatives à l'exécution de la loi, du 22 mars 1841, sur le travail des enfants dans les manufactures; c'était de lui également, et de lui seul, que relevaient hiérarchiquement les ingénieurs du corps des mines; les instructions pour l'application de la loi étaient données aux ingénieurs par le ministre, auquel ils avaient à rendre compte de l'accomplissement de leur mission. Tout était donc prévu pour que la mise à exécution du décret du 7 décembre 1868 s'opérât sans nuire en rien aux autres attributions des ingénieurs, et tout marchait ainsi sans embarras et sans difficulté d'aucun genre.

Mais, depuis lors, le ministère de l'agriculture et du commerce a été reconstitué, avec les attributions qu'il avait avant sa réunion au ministère des travaux publics, et, parmi ses attributions figure la surveillance de l'exécution de la loi du 22 mars 1841, sur le travail des enfants dans les manufactures. Le ministre de l'agriculture et du commerce a eu, dès lors, à examiner si le décret du 7 décembre 1868 devrait subsister et dans quelles formes il pourrait continuer de recevoir son application.

Le département de l'agriculture et du commerce et celui des travaux publics se sont mis en rapport, et, convaincus l'un et l'autre que l'intervention des ingénieurs des mines, accueillie avec faveur par l'opinion publique, était conforme à l'intérêt général du pays, ils ne pouvaient que tomber d'accord sur les moyens à l'aide desquels cette intervention pourrait être maintenue; voici les mesures qui ont été, à cet effet, adoptées de concert entre les deux ministres.

Dans la forme d'abord, il convient de remarquer que, si les ingénieurs ne relèvent que du ministre des travaux publics, ils sont placés, dans chaque département, sous l'autorité hiérarchique des

(*) 6e série, *partie administrative*, t. VII, p. 522.

préfets : il suffisait donc, pour éviter toute difficulté, de décider, en principe, que ces magistrats centraliseraient les rapports des ingénieurs, pour les transmettre ensuite, avec leur avis, à M. le ministre de l'agriculture et du commerce.

Il a été admis également que les instructions spéciales que le ministre de l'agriculture et du commerce aurait à adresser aux ingénieurs leur seraient transmises par l'intermédiaire des préfets; mais, comme les ingénieurs sont hiérarchiquement placés sous les ordres du ministre des travaux publics, il eût été difficile qu'ils reçussent directement d'un autre ministre des instructions, qui auraient pu quelquefois se trouver en contradiction avec celles qui leur seraient adressées par l'administration dont ils relèvent; il a été convenu, ce qui ne présente, du reste, aucune difficulté, que le département de l'agriculture et du commerce communiquerait préalablement au département des travaux publics les instructions générales qu'il aurait à faire parvenir aux ingénieurs, pour être examinées par lui au point de vue spécial et restreint ci-dessus indiqué.

Sous un autre rapport, d'ailleurs, cette communication ne pourra être que très-utile. Le ministre des travaux publics a, pour sa part, en vertu d'un décret du 3 janvier 1813, à surveiller le travail des enfants dans les mines, minières, carrières, etc. ; si la nouvelle législation qui est à l'étude vient à étendre les dispositions spéciales aux mines et à les mettre en harmonie avec celles qui régissent plus spécialement les manufactures, il ne pourrait y avoir, le cas échéant, qu'un très-grand avantage à ce que les instructions à donner aux ingénieurs, pour l'un comme pour l'autre cas, fussent toujours concertées entre les deux ministères.

Ces points principaux ainsi décidés, il restait à régler un point qui, bien que secondaire, a néanmoins une véritable importance au point de vue financier : c'est celui de l'époque et de la répartition des visites que les ingénieurs devraient faire sur les établissements soumis à la surveillance. L'un des grands avantages de la mesure qui confie cette surveillance aux ingénieurs des mines, c'est qu'elle peut être exercée par eux, à très-peu près, sans augmentation de dépense pour l'État, ces ingénieurs ayant déjà des visites à faire chaque année pour d'autres parties de leur service sur les établissements industriels. Chaque année, les ingénieurs devront comprendre dans leurs projets de tournées les établissements soumis à l'inspection au point de vue du travail des enfants ; dès que ces projets me parviendront, je les communiquerai immédiatement à M. le ministre de l'agriculture et du commerce,

pour qu'il puisse y apporter, au point de vue du service confié à ses soins, toutes les modifications qu'il jugerait nécessaires, et ce n'est qu'avec ces modifications que je les approuverai définitivement, s'il y a lieu, pour ce qui concerne les autres objets soumis à l'autorité du ministre des travaux publics. Je n'ai pas besoin d'insister auprès de vous sur l'importance de cette disposition et je vous prie de vouloir bien la signaler, d'une manière spéciale, à l'attention de MM. les ingénieurs, pour qu'ils s'y conforment exactement dans la rédaction de leurs projets annuels de tournées.

Enfin, comme la surveillance confiée aux ingénieurs sur le travail des enfants dans les manufactures constitue une de leurs plus importantes attributions, il sera du devoir de l'administration publique de constater avec soin comment ils l'exercent. J'ai demandé, dans ce but, à M. le ministre du commerce de vouloir bien me communiquer, chaque année, les rapports dressés par les ingénieurs des mines qui lui seront transmis par MM. les préfets. M. le ministre du commerce a bien voulu me promettre que communication de ces rapports me serait donnée régulièrement ; j'en prendrai connaissance, je n'ai pas besoin de le dire, avec un très-vif intérêt, et je tiendrai grand compte à MM. les ingénieurs de la manière dont ils rempliront la mission si intéressante qui leur est confiée.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics,
Mis DE TALHOUET.

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

JANVIER ET FÉVRIER 1870.

DÉCRETS.

22 *février* 1870. — La démission de M. le Verrier, ingénieur ordinaire des mines, est acceptée.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

29 *novembre* 1869. — L'organisation du contrôle de l'exploitation de l'embranchement de Villeneuve-d'Agen à Penne est arrêtée ainsi qu'il suit :

. . . .

Service des mines : M. Orsel, ingénieur ordinaire, à Paris.

Idem. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Libos à Cahors.

. . . .

Service des mines : M. Orsel, ingénieur ordinaire, à Paris.

Idem. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Mézières à Hirson; comprise entre Signy-le-Petit et Hirson.

. . . .

Service des mines : M. Nivoit, ingénieur ordinaire, à Mézières.

16 *décembre* 1869. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section d'Aix à Meyrargues.

. . . .

Service des mines : M. Villot, ingénieur ordinaire, à Marseille.

Idem. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section de Sarreguemines à Niederbronn.

. . . .

Service des mines : M. Keller, ingénieur ordinaire, à Strasbourg.

22 *décembre* 1869. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section de Mirande à Vic-en-Bigorre.

. . . .

Service des mines : M. Linder, ingénieur ordinaire, à Bordeaux.

27 *décembre* 1869. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section de Castres à Albi.

. . . .

Service des mines : M. Linder, ingénieur ordinaire, à Bordeaux.

6 *janvier* 1870. — M. Lefébure de Fourcy, nommé inspecteur général par décret du 15 décembre, sera chargé du service de la division du Centre, en remplacement de M. Baudin, nommé inspecteur général de 1re classe.

Idem. — MM. Douvillé et Clérault, ingénieurs ordinaires, qui ont été adjoints, pour l'année 1869, au service de la carte géologique détaillée de la France, seront maintenus dans ce service pendant l'année 1870.

8 *janvier* 1870. — M. de Hennezel, inspecteur général de 1re classe, est désigné comme membre du conseil de perfectionnement de l'École polytechnique, en 1870.

12 *janvier* 1870. — M. Coince, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Arras, est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à passer au service de la compagnie des chemins de fer d'Orléans et prolongements.

14 *janvier* 1870. — M. Voisin, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes, sera chargé du service du sous-arrondissement d'Arras, en remplacement de M. Coince.

22 *janvier* 1870. — M. Silhol, ingénieur ordinaire, chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Limoges, sera attaché, en outre, au contrôle de l'exploitation des chemins de fer des Charentes, en remplacement de M. Carnot.

28 *janvier* 1870. — M. Carnot, ingénieur ordinaire, est nommé professeur du cours préparatoire de chimie générale et adjoint au professeur de docimasie, pour la direction des travaux du laboratoire et du bureau d'essai de l'École des mines.

11 *février* 1870. — L'organisation du contrôle de l'exploitation de la partie de la ligne de Belfort à Guebwiller, comprise entre cette dernière localité et Bollwiller, est arrêtée ainsi qu'il suit :

. . . .

Service des mines : M. Keller, ingénieur ordinaire, à Strasbourg.

17 *février* 1870. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la partie française du chemin de fer de Dunkerque à Furnes :

. . . .

Service des mines : M. Matrot, ingénieur ordinaire, à Lille.

21 *février* 1870. — Organisation du contrôle de l'exploitation du chemin de fer de Jonzac à Coutras :

. . . .

Service des mines : M. Silhol, ingénieur ordinaire, à Limoges.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

ÉTAT GÉNÉRAL DU PERSONNEL DES MINES

AU 1er MARS 1870.

S. Exc. M. le marquis de TALHOUËT-ROY (C ✱),
DÉPUTÉ, MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT.

M. DE BOUREUILLE (GO ✱),
CONSEILLER D'ÉTAT,
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES DE 1re CLASSE, *SECRÉTAIRE GÉNÉRAL.*

BUREAUX DE L'ADMINISTRATION CENTRALE.

DIVISION DU PERSONNEL.

M. Porée (O ✱), Chef de division.
M. Michel, Chef de bureau.
M. Lemarié ✱, Chef de bureau.

DIVISION DES MINES.

M. Foubert ✱, Chef de division.

1er *Bureau.* Recherches et concessions de mines.—Études de terrains, topographies souterraines. — Surveillance des mines, minières, tourbières, carrières.— Avis à donner sur les statuts des sociétés anonymes formées pour les exploitations de mines, d'usines minéralurgiques, etc. — Secours aux ouvriers mineurs, etc.— Machines et bateaux à vapeur.

M. Dequet, Chef de bureau.

2e *Bureau.* Police des usines métallurgiques et minéralurgiques, des usines pour l'élaboration du sel gemme et le traitement des eaux salées. — Inspection du

travail des enfants dans les manufactures. — Recherche, captage, aménagement et conservation des sources minérales. — Cartes géologiques et agronomiques. — Collections géologiques et minéralogiques. — Laboratoires de chimie pour l'analyse des substances minérales et des engrais industriels. — Examen des inventions se rapportant à l'industrie métallurgique. — Redevances des mines. — Annales des mines.

M. Demanche, Chef de bureau.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Réunion et coordination des documents statistiques sur les mines, usines, carrières, tourbières, etc.; sur les machines à vapeur fixes, les machines locomotives et les bateaux à vapeur. — Questions de douanes, d'octroi. — Questions techniques. — Comptes rendus.

MM. Cte de Vassart d'Hozier ✻, *Ingénieur des mines*, chargé provisoirement de la direction du service.

Lartigue ✻, Chef de bureau.

DIVISION DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER.

M. Gilly ✻, Chef de division.

DIVISION DE LA COMPTABILITÉ.

M. Dillé (O ✻), Chef de division.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

Le Conseil est présidé par le Ministre; le Secrétaire général en fait partie.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

COMBES (C ✻), Membre de l'Académie des Sciences, Directeur de l'École des mines, à l'École, boulevard St-Michel, 60.

DE BILLY (O ✻), boulevard Haussmann, n° 105.

DE HENNEZEL (O ✻), rue de Vaugirard, n° 60.

BAUDIN (O ✻), rue Montaigne, n° 9.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

MM.

FRANÇOIS (O ✻), rue de Verneuil, n° 30.

DU SOUICH (O ✻), rue Férou, n° 4.

DAUBRÉE (C ✻), membre de l'Académie des sciences, professeur à l'École des Mines, rue de Grenelle, n° 91.

HARLÉ ✻, rue de Milan, n° 15.

LEFÉBURE DE FOURCY (O ✻), rue Madame, n° 18.

LAMÉ-FLEURY ✻, Ingénieur en chef de 2° classe, Secrétaire du Conseil, rue de Verneuil, n° 62.

DOUVILLÉ, Ingénieur ordinaire de 3° classe, attaché au secrétariat du Conseil.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

Membres de la Commission.

MM.

COMBES (C ✻), Inspecteur général des Mines de 1re classe, membre de l'Académie des Sciences, *Président.*

PIÉRARD (O ✻), Inspecteur général des mines.

COUCHE (O ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines

FOURNEL (C ✻), inspecteur général des mines (en retraite).

PIRONNEAU (C ✻), inspecteur général du génie maritime (en retraite).

LAMÉ (O ✻), Ingénieur en chef des Mines (en retraite), membre de l'Académie des Sciences.

REGNAULT (C ✻), *idem*, *idem.*

LECHATELIER (O ✻), Ingénieur en chef des Mines.

JACQMIN (O ✻), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

CALLON (O ✻), Ingénieur en chef des Mines, *Rapporteur*, rue de l'Odéon, n° 9.

Hanet-Cléry ✻, Ingénieur ordinaire des Mines, *Secrétaire*, rue La Bruyère, n° 8.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Membres de la Commission.

MM.

COMBES (C ✻), Inspecteur général de 1re cl., Directeur de l'École des Mines, *Président.*

ÉLIE DE BEAUMONT (G O ✻), Inspecteur général en retraite, Professeur à l'École des Mines, membre de l'Académie des sciences, Sénateur.

DE BOUREUILLE (G O ✻), Conseiller d'État, Inspecteur général de 1re cl., Secrétaire général du Ministère.

DE BILLY (O ✻), Inspecteur général.

DE HENNEZEL (O ✻), *idem.*

BAUDIN (O ✻), *idem.*

GRUNER (O ✻), Inspecteur de l'École des Mines.

FRANÇOIS (O ✻), inspecteur général.

DU SOUICH (O ✻), *idem.*

DAUBRÉE (C ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.

COUCHE (O ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.

HARLÉ ✻, Inspecteur général.

LEFÉBURE DE FOURCY (O ✻), Inspecteur général.

CALLON (O ✻), Ingénieur en chef, Professeur à l'École des Mines.

DUPONT ✻, *idem.*

BAYLE ✻, *idem.*

DELESSE ✻, *idem.*

LAMÉ-FLEURY ✻, Ingénieur en chef, Secrétaire du conseil général des Mines.

MOISSENET ✻, Ingénieur ordinaire, Professeur à l'École des Mines, *Secrétaire*, boulevard Saint-Michel, n° 60.

COMMISSION PERMANENTE CHARGÉE DE L'EXAMEN DES INVENTIONS ET DES RÈGLEMENTS CONCERNANT LES CHEMINS DE FER.

Membres de la commission.

MM.

Combes (C ✻), Inspecteur général des mines, Directeur de l'École des Mines, *Président*.

De Sermet (C ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, *Vice-président*.

Diday (O ✻), Inspecteur général des Mines.

Couche (O ✻), Inspecteur général des Mines, Professeur à l'École des Mines.

Duparc (O ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Dufresne (O ✻), *idem*.

Thoyot (O ✻), *idem*.

Sauvage (C ✻), Ingénieur en chef des mines, directeur de la compagnie des chemins de fer de l'Est . . . .

Audibert (O ✻), Ingénieur ordinaire des mines, Directeur de l'exploitation des chemins de fer de Paris à la Méditerranée. . . . .

} Membres désignés par le syndicat des chemins de fer.

Collignon ✻, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, *Secrétaire*.

MINES.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

COMBES (C ✱), Directeur de l'École impériale des mines, Membre de l'Académie des sciences, boulevard Saint-Michel, nº 60, à l'École.

DE BOUREUILLE (G O ✱), Conseiller d'État, *Secrétaire général du Ministère*, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, nº 60, au Ministère.

DE BILLY (O ✱), boulevard Haussmann, nº 105.

PIÉRARD (O ✱), (*congé illimité*), *Directeur des chemins de fer de l'Ouest*, avenue d'Antin, nº 1.

DE HENNEZEL (O ✱), rue de Vaugirard, nº 60.

BAUDIN (O ✱), rue Montaigne, nº 9.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

MM.

GRUNER (O ✱), *Inspecteur de l'École impériale des mines*, boulevard Saint-Michel, nº 60, à l'École.

FRANÇOIS (O ✱), rue de Verneuil, nº 30.

DU SOUICH (O ✱), rue Férou, nº 4.

DAUBRÉE (C ✱), rue de Grenelle-Saint-Germain, nº 91.

DIDAY (O ✱), *Contrôle de l'exploitation des chemins de fer*, rue Jean-Baptiste-Say, nº 4.

COUCHE (O ✱), *Contrôle de l'exploitation des chemins de fer*, rue Bonaparte, nº 1.

HARLÉ ✱, rue de Milan, nº 15.

LEFÉBURE DE FOURCY (O ✱), rue Madame, nº 18.

INSPECTIONS GÉNÉRALES.

INSPECTION DU NORD-OUEST.

M. DU SOUICH (O ✱), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements: Seine.— Seine-et-Oise.— Seine et-Marne.— Eure-et-Loir. — Loiret. — Oise. — Somme. — Aisne. — Pas-de-Calais. — Nord —Sarthe. —Mayenne.— Ille-et-Vilaine.—Morbihan. — Finistère.— Côtes-du-Nord.— Manche. — Calvados.— Orne.— Eure. — Seine-Inférieure.

INSPECTION DU NORD-EST.

M. Harlé ✱, Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Ardennes. — Meuse. — Marne. — Aube. — Yonne. — Saône-et-Loire. — Ain. — Jura. — Doubs. — Côte-d'Or. — Haute-Saône. — Haute-Marne. — Vosges. — Haut-Rhin. — Bas-Rhin. — Meurthe. — Moselle.

INSPECTION DU CENTRE.

M. Lefébure de Fourcy (O ✱), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Loir-et-Cher. — Indre. — Indre-et-Loire. — Maine-et-Loire. — Loire-Inférieure. — Vendée. — Deux-Sèvres. — Charente-Inférieure. — Charente. — Dordogne. — Vienne. — Haute-Vienne. — Corrèze. — Creuse. — Puy-de-Dôme. — Cantal. — Haute-Loire. — Nièvre. — Cher. — Allier. — Loire. — Rhône.

INSPECTION DU SUD-EST.

M. François (O ✱), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Isère. — Hautes-Alpes. — Basses-Alpes. — Savoie. — Haute-Savoie. — Drôme. — Vaucluse. — Var. — Bouches-du-Rhône. — Alpes-Maritimes. — Corse. — Gard. — Hérault. — Lozère. — Ardèche.

INSPECTION DU SUD-OUEST.

M. Daubrée (C ✱), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Gironde. — Lot-et-Garonne. — Gers. — Landes. — Basses-Pyrénées. — Hautes-Pyrénées. — Ariége. — Pyrénées-Orientales. — Aude. — Haute-Garonne. — Tarn. — Tarn-et-Garonne. — Aveyron. — Lot.

TABLEAU DU SERVICE DES MINES

PAR

DIVISIONS, ARRONDISSEMENTS ET SOUS-ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
		DIVISION DU NORD-OUEST.	
		M. Du Souich (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.	
		Arrondissement de Paris.	
		MM. Jacquot (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.	
Descos ✻, 1re cl. Jordan, 2e classe.	Paris.	Seine.	De Précorbin, 5e cl.
Lévy, 3e classe.	Paris.	Seine-et-Oise Seine-et-Marne. Eure-et-Loir Loiret.	Thouvenin, 1re cl. Urbain, 2e cl. Makowiecki, ppal.
Liénard, 2e classe.	Amiens.	Somme. Oise. Aisne.	Savreux, 4e cl. Jurkowski, 1re cl.
		Arrondissement de Lille.	
		MM. Declerck ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, prov. à Valenciennes.	
Matrot, 3e classe.	Lille.	Nord.—Arr. de s.-préf. de Lille, Hazebrouck, Dunkerque, Douai et Avesnes, moins les mines de houille des arr. de Lille, de Douai et les appar. à vap. de celui d'Avesnes.	Lefèvre, 5e cl.
... ...	Valenciennes.	Nord. — Arr. de s.-prefect. de Valenciennes et Cambrai, y compris les mines de houille des arrond. de Lille, de Douai et les appar. à vap. de celui d'Avesnes.	Lafont, 5e cl.
Voisin (Arm.), 3e cl.	Arras.	Pas-de-Calais.	Cœuilte, 3e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement de Rouen.			
MM. Roger ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
De Genouillac, 2e cl.	Rouen.	Seine-Inférieure. . . Eure.	Boitel, 2e cl. Halipré, 3e cl. Nibourel, 3e cl.
Vieillard, 2e cl. . .	Caen.	Manche. Calvados. . . . . . . Orne.	Fornier, 2e cl.
Arrondissement de Rennes.			
MM. Bossey ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Julien, 1re classe . .	Le Mans. . . .	Sarthe. Mayenne.	Pénélon, 5e cl.
Massieu ✻, 1re cl. .	Rennes.	Ille-et-Vilaine. . . . Côtes-du-Nord. Morbihan. Finistère.	Yvart, 3e cl. Cadieu, 4e cl.
DIVISION DU NORD-EST.			
MM. Harlé ✻, Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Troyes.			
Meugy ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.			
Nivoit, 3e classe. . .	Mézières.	Ardennes. . . . . . Meuse.	Orlowski, 1re cl. Foucault, 4e cl. Thirion, 5e cl.
Debette ✻, 1re classe	Troyes.	Marne. . . . . Aube. . . . . Yonne.	Barbry, 3e cl. Pestelard, 1re cl
Arrondissement de Strasbourg.			
MM. Dubocq (O ✻), Ingénieur en chef de 2e classe.			
Keller, 2e classe. . .	Strasbourg. . .	Bas-Rhin . . . . . . Haut-Rhin.	*Schmidt, 1re cl. Lebas, 1re cl. *Bonnaymé, 2e cl.
Braconnier, 2e classe.	Nancy.	Meurthe. . . . . . . Vosges.	Vitoux, 2e cl. Albert, 1re cl.
Duporcq, 2e classe.	Metz.	Moselle	*Gabriel, 1re cl. Etienne, 1re cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement de Dijon.			
MM. Trautmann ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Choulette, 3e cl. . .	Vesoul.	Haute-Saône.	Brossette, 5e cl. Chalot, 4e cl.
. . . . . .	Chaumont. . . .	Haute-Marne	Salzard, 4e cl. Préchey, 5e cl. Froissardey, 5e cl.
Villié, 2e classe. . .	Dijon.	Côte-d'Or.	Chevallot, 3e cl.
Arrondissement de Chalon-sur-Saône.			
MM. Jutier ✻, Ingén. ordin. 1re classe f. f. d'Ingénieur en chef.			
Chosson, 2e classe .	Chalon.	Saône-et-Loire.. . . Ain.	Heuret, 1re cl. Soudan, 5e cl.
Résal ✻, 1re classe.	Besançon. . . .	Doubs. . . . . Jura.	Vassal, 3e cl.
DIVISION DU CENTRE.			
MM. Lefébure de Fourcy (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Périgueux.			
Bèze ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
. . . .	Périgueux. . . .	Dordogne. . . . . . Charente.. . . . . . Charente-Inférieure.	Martine, 2e cl. . . . .
Silhol, 3e classe. . .	Limoges	Corrèze. Creuse. . . . . Haute-Vienne. . . . Indre.	Jourdan, 3e cl. Fontaine, 3e cl.
Arrondissement de Nantes.			
MM. Gentil ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.			
Lorieux ✻, 1re classe.	Nantes.	Loire-Inférieure. . .	Vivien, 2e cl.
Brossard de Corbigny, 2e classe. . .	Angers.	Maine-et-Loire. . . Vendée. Deux-Sèvres.	Fopp, 4e cl.
Dormoy ✻, 1re classe.	Tours..	Indre-et-Loire. . . . Loir-et-Cher. Vienne.	*Guèze, 4e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement de Saint-Étienne.			
MM. Tournaire ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Gonthier, 2e cl. . .	Saint-Étienne. .	Loire.—Moins les cantons de justice de paix de Rive-de-Gier, St-Chamond et Pelussin.	Koss ✻, principal. Mairey, 4e cl. Raphanel, 2e cl.
Leseure ✻, 1re cl. .	Rive-de-Gier. . .	Loire.—Cant. de Rive-de-Gier, St-Chamond et Pelussin.	Malplat, 5e cl. *Lavé, 3e cl.
Luuyt ✻, 1re classe.	Lyon.	Rhône.	Ogier, 3e cl. Sarran, 5e cl.
Arrondissement de Clermont.			
MM. Pigeon ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.			
Castel ✻, 1re cl. . .	Clermont. . . .	Cantal. . . . . Puy-de-Dôme. . . . Haute-Loire	Jusseraud, ppal. Massin, 4e cl.
De Gouvenain ✻, 1re classe.	Moulins.	Allier.	Faugière ✻, ppal.
Ichon, 3e classe. . .	Bourges.	Cher. . . . . Nièvre.	Arragon, 4e cl. Savy, 4e cl.
DIVISION DU SUD-EST.			
M. François (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Marseille.			
MM. Meissonnier, ✻ Ingénieur en chef de 1re classe.			
Villot 1re cl	Marseille. . . .	Bouches-du-Rhône. Corse.	Maire, 3e cl. *Lecomte, 5e cl. Canaly, 1re cl.
Juge, 1re classe. . .	Nice.	Alpes-Maritimes. Var.	
Lachat, 2e classe. .	Avignon.	Vaucluse. . . . . . . Basses-Alpes. Drôme.	Mizlewiez, 1re cl.
Arrondissement de Chambéry.			
MM. Bochet ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Perrin, 3e classe. .	Chambéry. . .	Savoie. Haute-Savoie.	Goddard, 4e cl. Gardes, 4e cl. Mermillod, 5e cl.
Baudinot, 1re classe.	Grenoble. . . .	Isère. . . . . Hautes-Alpes. . . .	Gayet, 2e cl. Bourdon, 2e cl. * Gilly, 4e cl. Pondruel, 5e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement d'Alais.			
MM. De Cizancourt ✻, Ingén. ordin. 1re classe f. f. d'Ingénieur en chef.			
Ledoux, 2e classe.	Alais.	Gard.	Mittre, 1re cl. Munier, 3e cl.
Delafond, 3e classe.	Privas.	Ardèche. Lozère.	Thomas (A), 2e cl.
. . . .	Montpellier.	Hérault.	Rouet, 3e cl.
DIVISION DU SUD-OUEST.			
M. Daubrée (C ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Bordeaux.			
MM. Guillebot de Nerville (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.			
Linder ✻, 1re classe.	Bordeaux.	Gironde. Lot-et-Garonne.	Noël, 2e cl. Cazenave, 3e cl. Cazenave, *d.n.*, 3e cl.
Genreau, 3e classe.	Pau.	Basses-Pyrénées. Landes. Gers.	
Arrondissement de Rodez.			
MM. Pesghart d'Ambly ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Jausions 1re classe.	Rodez.	Aveyron. — Moins les arrond. de sous-préf. de Millau et St-Affrique.	Espérandieu, 5e cl.
Aguillon, 3e classe.	Albi.	Lot. Tarn-et-Garonne. Tarn. — Et les arrond. de sous-préf. de Millau et St-Affrique dans le départem. de l'Aveyron.	Thomas (F.), 5e cl.
Arrondissement de Toulouse.			
MM. Foriet ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Peslin, 2e classe.	Tarbes.	Haute-Garonne. Hautes-Pyrénées.	Barrier, 5e cl.
Aguillon, 3e cl., *d.s.* (pr.)	Carcassonne.	Aude. Pyrénées-Orientales.	Ronzaud (C.), 4e cl.
Mussy, 2e classe.	Vic-Dessos.	Ariége.	Maniglier, 5e cl.

SERVICES SPÉCIAUX ET SERVICES DIVERS.

Surveillance des appareils à vapeur, usines métallurgiques et statistique de l'industrie minérale dans le département de la Seine.

MM. DESCOTTES ✻, Ingénieur en chef de 1re classe, à Paris.

Ingénieurs ordin. { Martelet ✻, 1re classe. . . . . / Worms de Romilly, 2e classe. . . . . . . } Paris.

Gardes-mines.

Laurent. . . . . ppal. | Dunkel. . . . . . 2e cl. | Miniscloux. . . 3e cl. | Tourneur. . . . 5e cl.
Chabat. . . . . . 1re cl. | Delaissement. . . 2e cl. |

Carrières de Paris et du département de la Seine.

MM. JACQUOT (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, *d. n.*, à Paris.

Ingénieurs ordin. { Descos ✻, 1re classe, *d. n.*. . . . . / Jordan, 2e classe, *d. n.* . . . . } Paris.

Garde-mines.

Fagot. . . . . 5e cl.

Travaux de consolidation des carrières sous la ville de Fécamp (Seine-Inférieure).

MM. ROGER ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, à Rouen.

Ingénieur ordin. . | De Genouillac, 2e classe, *d. n.*. . . . . Rouen.

Topographie des bassins houillers de Valenciennes (Nord), et du département du Pas-de-Calais.

MM. DECLERCK ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, à Valenciennes.

Bassin de Valenciennes.

Ingénieur ordin. . | . . . . Valenciennes

Garde-mines :

Lafont. *d. n.* . . . . . . 5e cl.

Bassin du Pas-de-Calais.

Ingénieur ordin. | Voisin (Armand), 3ᵉ classe, *d. n.* . . . Arras.

Topographie du bassin houiller d'Aubin (Aveyron).

MM. Peschart d'Ambly ✻, Ingénieur en chef de 2ᵉ classe, *d. n.*, à Rodez.
Ingénieur ordin. . | Jausions, 1ʳᵉ classe, *d. n.* . . . . Rodez.

Garde-mines :

Topographie du terrain d'anthracite de Sarthe et Mayenne.

MM. Bossey ✻, Ingénieur en chef de 2ᵉ classe, *d. n.*, à Rennes.
Ingénieur ordin. . | Julien, 1ʳᵉ classe, *d. n.* . . . . Le Mans.

Garde-mines :

Thomas (François), *d. n.* . . . 3ᵉ classe.

Topographie des minières du Cher. (*Études.*)

M. Ichon, Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe, *d. n.*, à Bourges.

Études des terrains composant le bassin houiller d'Autun (S.-et-L.)

MM. Jutier ✻, Ingén. ordin. 1ʳᵉ classe f. f. d'Ingénieur en chef, *d. n.*, à Chalon.
Ingénieur ordin. . | Jordan, 2ᵉ classe, *d. n.* . . . . Paris.

Garde-mines.

Massin, *d. n.* . . . 5ᵉ cl.

Expériences sur les propriétés de la vapeur.

M. Regnault (C ✻), Ingénieur en chef de 1ʳᵉ classe, à Sèvres.

Établissement thermal de Luxeuil.

MM. Choulette, Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe, *d. n.*, à Vesoul.

Garde-mines :

Chalot, *d. n.* . . . . . 4ᵉ cl.

Mission scientifique.

M. Lechatelier (O ✻), Ingénieur en chef de 1ʳᵉ classe.

Études sur les gisements métallurgiques du Mexique.

M. Laur ✻, Ingénieur ordinaire de 1ʳᵉ classe.

Carte géologique générale de la France.

MM. ÉLIE DE BEAUMONT (G O ✻), Insp. gén. de 1re cl. (en retraite), Directeur.
DE CHANCOURTOIS (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, Sous-Directeur.

Ingénieurs ordin.	Fuchs ✻, 2e classe.	Paris.
	Potier, 2e classe, *d. n.*	
	De Lapparent, 2e classe.	
	Douvillé, 3e classe, *d. n*	
	Clérault, 3e classe	

Guyerdet, aide-préparateur aux collections géologiques et aux collections départementales.
Jedlinski, garde-mines principal, chargé des travaux graphiques.

Cartes géologiques et cartes agronomiques départementales.

Départements.	Noms des ingénieurs. MM.	Grades.	Résidences.
Ardèche	Castel ✻.	ing. ord. 1re cl.	Clermont.
	Ledoux.	ing. ord. 2e cl.	Alais.
Ardennes.	Meugy ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Troyes.
	Nivoit.	ing. ord. 3e cl.	Mézières.
Ariége	Mussy.	ing. ord. 2e cl.	Vic-Dessos.
Aude.	Vène (O ✻).	insp.gén. (en ret.).	Paris.
Côte-d'Or.	Guillebot de Nerville (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Bordeaux.
	Peschart d'Ambly ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Rodez.
Creuse	Mallard ✻.	ing. ord. 1re cl.	Saint-Étienne.
Dordogne.	Marrot (O ✻).	insp. gén. (en ret.).	Périgueux.
Gers	Jacquot (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Gironde.	Pigeon ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Clermont.
Ille-et-Vilaine.	Massieu ✻.	ing. ord. 1re cl.	Rennes.
Indre.	Carnot.	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Jura.	Résal ✻.	ing. ord. 1re cl.	Besançon.
Landes.	Jacquot (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Loire (Haute-).	Tournaire ✻	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Étienne.
Manche.	Vieillard.	ing. ord. 2e cl.	Caen.
Pas-de-Calais.	Du Souich (O ✻)	insp. gén. 2e cl.	Paris.
Saône (Haute-).	Dormoy ✻.	ing. ord. 1re cl.	Tours.
Saône-et-Loire.	Manès (O ✻).	ing. en ch. (en ret.)	»
	Jordan.	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Seine-et-Marne.	Delesse ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Paris.
	Potier.	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Sèvres (Deux-).	Brossard de Corbigny.	ing. ord. 2e cl.	Angers.
Vendée.	Descottes ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Vienne (Hte-).	Mallard ✻.	ing. ord. 1re cl.	Saint-Étienne.

SERVICES DÉTACHÉS.

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE L'ALGÉRIE.

SERVICE DES MINES.

DÉPARTEMENT D'ALGER.

MM. Ville (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe. . . . . } à Alger.
Vatonne ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . }

Gardes-Mines.

Lussac. . . . . . 4e cl. | Posez. . . . . . 4e cl.

DÉPARTEMENT D'ORAN.

MM. Rocard ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . . à Oran.
Pouyanne, Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . . à Tlemcen.

Gardes-Mines.

Mœvus. . . . . . ppal. | Bouty. . . . . . 3e cl. | Devillers. . . . 4e cl. | Pichard. . . . . 4e cl.
Pomel. . . . . 2e cl. |

DÉPARTEMENT DE CONSTANTINE.

MM. Mœvus ✻, Ingénieur en chef de 1re classe. . . . . . à Constantine.
Flajolot ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . . à Bône.
Tissot, Ingénieur ordinaire de 2e classe. . . . . à Batna.

Gardes-Mines.

Auvergne. . . . 5e cl. | Burtaire. . . . 5e cl.

Ministère de l'Agriculture et du Commerce.

M. de Freycinet ✻, Ingén. ordin. de 1re classe. — Service d'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

MM.
Regnault (C ✻), *de l'Institut*, Ingénieur en chef de 1re classe. — *Professeur.*
Delaunay (O ✻), *idem.* Ingénieur en chef de 1re classe. — *Professeur.*
Phillips ✻, *idem.* Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.* — *Professeur.*
Bertrand, *idem.* *élève Ingénieur — Professeur.*
Haton de la Goupillière ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe. — *Examinateur.*
Cornu, Ingénieur ordinaire de 3e classe. — *Professeur.*
Potier, Ingénieur ordinaire de 2e classe, *d. n.* — *Répétiteur adjoint.*

Manufacture impériale de porcelaine de Sèvres.

M. Regnault (C ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, *d. n.*, Directeur.

TURQUIE.

M. Béral, Ingénieur ordinaire de 2e classe.

INGÉNIEURS EN DISPONIBILITÉ, EN CONGÉ ILLIMITÉ, ETC.

DISPONIBILITÉ.

M. Arnoux ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe.

CONGÉ ILLIMITÉ.

Ministère des Affaires étrangères.

M. Gauldrée-Boileau (O ✻), Ingénieur ordinaire de 2e classe, Ministre plénipotentiaire au Pérou.

COMPAGNIES DIVERSES EN FRANCE ET HORS DE FRANCE.

MM.

Piérard (O ✻), Insp. gén. de 1re cl. . . .	Chemins de fer de l'Ouest.
De l'Espée, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Chemins de fer de l'Ouest.
De Commines de Marsilly ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.	Mines d'Anzin.
Sauvage (C ✻), Ingénieur en chef de 2e classe.	Chemins de fer de l'Est.
Audibert (O ✻), Ingénieur ordinaire de 2e classe.	Chemin de fer de Lyon à la Méditerranée.
Noblemaire ✻, Ingénieur ordin. de 1re cl.	Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée. (Direction des ch. de fer algériens, à Alger.)
Bertera ✻, Ingénieur en chef de 1re cl. Coince, Ingénieur ordinaire de 2e cl. . .	Chemin de fer d'Orléans et prolongements.
Lan ✻, Ingénieur ordinaire de 1re cl. .	Forges et fonderies de Commentry et Châtillon.
Houpeurt ✻, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Mines de la Loire.
Huyot ✻, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Chemins de fer du Midi.
Parran ✻, Ingénieur ordinaire de 1re cl.	Compagnie générale des mines de fer magnétique de la Mokta-el-Hadid (Algérie).
Barré, Ingénieur ordinaire de 2e classe.	Société des chemins de fer autrichiens. (Directeur adjoint.)

INGÉNIEURS EN CONGÉ ILLIMITÉ SANS DESTINATION.

MM.

Dubois, Ingénieur ordin. de 1re classe.
Cumenge ✻, Ingén. ordin. de 2e classe.
Demongeot, ingén. ordin. de 2e classe.

ÉCOLE IMPÉRIALE DES MINES.

Boulevard Saint-Michel, nos 60 et 62.

DIRECTION ET ADMINISTRATION.

MM.

Combes (C ✻), Inspecteur général de 1re classe, Directeur.
Grüner (O ✻), Inspecteur général de 2e classe, Inspecteur.

ENSEIGNEMENT.

Cours oraux.

MM.

Daubrée (C ✻), Inspecteur gén. de 2e cl.	Professeur.	Minéralogie.
Élie de Beaumont (G O ✻), Inspecteur général de 1re classe (en retraite).	*idem.*	Géologie.
De Chancourtois (C ✻), Ingénieur en chef de 1re classe	*id.* (adj.)	Géologie.
Callon (O ✻), Ing. en chef de 1re classe.	*idem.*	Exploitation des mines et machines.
Grüner (O ✻), Inspect. gén. de 2e classe.	*idem.*	Métallurgie.
Moissenet ✻, Ingén. ordin. de 1re classe.	*idem.*	Docimasie.
Couche (O ✻), Insp. général de 2e classe.	*idem.*	Chemins de fer. — Constructions industrielles.
Dupont ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.	*idem.*	Législation des mines.
Delesse ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.	*idem.*	Agriculture, drainage, irrigations.
Bayle ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.	*idem.*	Paléontologie.
Schlesinger.		Langue allemande.
Elwall		Langue anglaise.

Exercices pratiques.

MM.

Moissenet ✻, Ing. ord. de 1re cl., *d. n.*, Directeur. .	Laboratoires.
Carnot, Ingénieur ordinaire de 2e classe, Adjoint. . . .	Laboratoires.
Rigout, Préparateur.	Laboratoires.
Fuchs ✻, Ingénieur ordinaire de 2e classe	Levé de plans.
Lenoir.	Travaux graphiques.

Collections relatives à l'industrie minérale.

MM.

Grüner (O ✻), Inspecteur général de 2e classe, Conservateur.
Bayle ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, Conservateur adjoint de la Collection de paléontologie.
De Lapparent, Ingénieur ordinaire de 2e classe, Conservateur adjoint des collections départementales.
Bayan, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées de 3e classe, attaché au service de la collection de paléontologie
Friedel, Conservateur adjoint de la collection de minéralogie.

Cours préparatoires pour les candidats à l'externat.

MM.

Haton de la Goupillière ✻, Ingén. ordinaire de 1re cl. Professeur. } Analyse et Mécanique.
Fuchs ✻, Ingénieur ordinaire de 2e classe. . . *id.* . . . Géométrie descriptive.
Potier, ingénieur ordinaire de 2e classe... . . . *id.* . . . Physique.
Carnot, ingénieur ordinaire de 2e classe. . . *id.* . . . Chimie générale.

Bureau d'essais pour les substances minérales.

MM.

Moissenet ✻, ing. ord., Directeur.
Carnot, ingénieur ordinaire, Adjoint.
Delvaux, Aide.
Rioult, *idem.*
Brunet, *idem.*

Service de santé.

M. Lacroix (O ✻), Médecin-Chirurgien.

Secrétariat. — Bibliothèque. — Collections.

MM.

Audebez, Secrétaire régisseur.
Brunet de Boyer, Commis bibliothéc.
Vacher, Commis aux écritures.
Pons, Commis aux écritures.
Zulinski, Employé temporaire aux collections.

CONSEIL DE L'ECOLE.

Le Conseil est présidé par le Ministre.

MM.

Combes (C ✻), Insp. général de 1re classe, Directeur de l'École, *Vice-Prés.*
Élie de Beaumont (G O ✻), *idem* (en retraite). Professeur.
De Billy (O ✻), Inspecteur général de 1re classe.
De Hennezel (O ✻), *idem.* *idem.*
Daubrée (C ✻), *idem.* de 2e classe. Professeur.
Couche (O ✻), *idem.* *idem.* *idem.*
Callon (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, *idem.*
Dupont ✻, *idem.* *idem.* *idem.*
Delesse ✻, Ingénieur en chef de 2e classe. *idem.*
Bayle ✻, *idem.* *idem.* *idem.*
Moissenet ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe, *idem.*
Grüner (O ✻), Inspecteur général de 2e classe, Professeur, Inspecteur de l'École, *Secrétaire.*

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

PREMIÈRE CLASSE HORS DE CONCOURS.

Langlois.
Rigaud.
Vieira.

PREMIÈRE CLASSE.

Zeiller.
Henry.
Heurteau.

DEUXIÈME CLASSE.

Amiot.
Vital.
Olry.

TROISIÈME CLASSE.

Voisin (Honoré).
Durand de Grossouvre.
Le Verrier.
Bertrand (Marcel).
Boutan.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE.

— *Département de la Loire.*

Administration.

M. CACARRIÉ ✻, Ingén. en chef de 1re classe, *d. n.*, Directeur de l'École.

Enseignement.

MM.

Mallard ✻, Ing. ord. de 1re cl.	Professeur.	Minéralogie et Géologie.
Meurgey, Ing. ordin. de 2e cl.	*idem.*	Préparation mécanique et machines; Exploitation et Construction.
Vicaire, Ing. ordin. de 2e cl.	*idem.*	Chimie et Métallurgie.
Baroulier, Répétiteur de chimie.	Préparateur.	Arithmétique et Comptabilité.
Grand'Enry, Répétiteur.		Géométrie, Levé de plans et Dessin.

Dalger, 1er Surveillant des études.
Labbé, 2e Surveillant des études.
Guillot, Expéditionnaire-bibliothécaire.

CONSEIL DE L'ÉCOLE.

— Le conseil de l'École est composé de l'Ingénieur en chef, Directeur de l'École, et des trois Ingénieurs ordinaires chargés de l'enseignement.

ÉCOLE DES MAÎTRES-OUVRIERS-MINEURS D'ALAIS.

— *Département du Gard.*

Cette École est placée sous l'Inspection de l'Ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais.

MM.

Ledoux, Ingénieur ordinaire de 2e classe, *d. n.*, Directeur de l'École

Magnon, Garde-mines, 2e cl.	Répétiteur, 1er Sous-Maître.
Garreau, *idem.* 4e cl.	Répétiteur, 2e Sous-Maître.
Glépin.	Surveillant des études.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ,

DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE,

DES INGÉNIEURS DES MINES.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur	Ingénieur ord. 2e classe.	Ingénieur ord. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.	Inspect. général 2e classe.	Inspect. général 1re classe.
Combes (C ✻). .	26 déc. 1801.	15 nov. 18.0.	26 mai 1824.	1er mai 1832.	22 déc. 1836.	23 déc. 1845.	24 mars 1848.	28 mars 1857
De Boureuille (G O ✻).	25 déc. 1807.	15 nov. 1828.	1er nov. 1833.	29 avril 1839.	1er déc. 1845.	18 déc. 1849.	27 déc. 1854.	22 jan. 1863
De Billy O ✻). .	26 mai 1802.	15 nov. 1822.	2 mai 1827.	26 déc. 1836.	7 mai 1840.	1er juin 1848.	28 mars 1857.	28 fév. 1866.
Piérard (O ✻). .	12 sept. 1815.	1er déc. 1837.	15 janv. 1844.	23 mai 1850.	10 janv. 1853.	29 déc. 1859.	22 juin 1863.	19 oct. 1865
De Hennezel (O ✻)	2 sept. 1807.	15 nov. 1828.	1er nov. 1833.	23 déc. 1845.	23 fév. 1848.	31 août 1855.	17 juin 1805.	6 mars 1859.
Baudin (O ✻). . .	23 janv. 1809.	*id.*	*id.*	15 janv. 1840.	10 fév. 1847.	14 août 1852.	28 fév. 1866.	15 déc. 1857

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.	Inspecteur général de 2e classe
Grüner (O ✻).	11 mai 1809.	15 nov. 1830.	14 sept. 1835.	1er juin 1841.	3 août 1847.	31 août 1855.	28 fév. 1866.
François (O ✻).	13 juin 1808.	*id.*	29 juin 1836.	23 déc. 1845.	29 avril 1848.	27 nov. 1858.	*id.*
Du Souich (O ✻). . . .	6 avril 1812.	15 nov. 1831.	9 janv. 1837.	8 mars 1847.	7 févr. 1852.	29 déc. 1859.	11 jan. 1866.
Daubrée (C ✻).	25 juin 1814.	15 nov. 1834.	15 mai 1840.	1er juin 1848.	30 août 1855.	7 fév. 1863.	24 fév. 1867
Diday (O ✻).	25 juill. 1809.	15 nov. 1830.	9 janv 1837.	8 mars 1847.	10 janv. 1853.	6 sep. 1861.	25 fév. 1866.
Couche (O ✻).	24 janv. 1815.	15 nov. 1835.	1er avril 1842.	1er juin 1848.	30 août 1855.	7 fév. 1863.	*id.*
Marié ✻	10 sept. 1810.	15 nov. 1829.	14 sept. 1845.	23 déc. 1835.	10 janv. 1853.	6 sept. 1861.	6 mars 1866.
Lefébure de Fourcy (O ✻).	29 nov. 1812.	15 nov. 1831.	9 janv. 1837.	*id.*	23 avril 1856.	11 avril 1864.	15 déc. 1868.

NOTA. Les noms *en italiques* indiquent les ingénieurs en congé illimité.

INGÉNIEURS EN CHEF DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Elève Ingénieur	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.
Regnault (C ✻).	21 juill. 1810.	15 nov. 1832.	1er juill. 1836.	15 oct. 1837.	23 déc. 1845.	7 sept. 1847.	31 août. 1855.
Lechatelier (O ✻). . . .	20 fév. 1815.	1er déc. 1836.	1er août 1839.	1er juin 1841.	1er juin 1848.	23 mai 1850.	29 déc. 1859.
Callon (O ✻).	9 déc. 1815.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	30 août 1855.	7 fév. 1863.
Mœvus ✻.	3 fév. 1810.	15 nov. 1831.	1er juill. 1835.	15 sept. 1837.	23 déc. 1845.	16 fév. 1856.	11 avril 1864.
*Guillebot de Nerville (O ✻)	30 avril 1815.	1er déc. 1836.	10 mai 1841.	1er juill. 1843.	1er juin 1848.	23 avril 1856.	*id.*
*Jacquot (O ✻).	23 nov. 1817.	15 nov. 1839.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	23 mai 1850.	25 nov. 1858.	24 août 1865.
*Descottes ✻.	14 juin 1818.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*
Dupont ✻.	15 août 1817.	15 nov. 1836.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*
Delaunay (O ✻	9 avril 1816.	1er déc. 1836.	22 mai 1841.	1er juill. 1843.	21 juill. 1849.	*id.*	5 juin 1867.
Pigeon ✻.	22 juin 1813.	1er fév. 1835.	1er août 1838.	15 mai 1840.	23 mai 1850.	*id.*	*id.*
De Chancourtois (C ✻). .	9 janv. 1820.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	28 avril 1856.	16 avril 1859.	*id.*
Meugy ✻.	8 janv. 1816	15 nov. 1838.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	12 avril 1851.	22 août 1860.	30 juill. 1867.
Cacarrié ✻.	27 août 1816.	1er déc. 1847.	4 nov. 1842.	15 juin 1844.	1 août 1855.	*id.*	*id.*
Meissonnier ✻.	28 août 1818.	15 nov. 1838.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	*id.*	*id.*	*id.*
Ville (O ✻).	26 fév. 1820.	15 nov. 1839.	1er janv. 1845.	8 oct. 1846.	*id.*	*id.*	*id.*
Gentil ✻.	30 janv. 1820.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	7 fév. 1863.	30 déc. 1868.
Bertera ✻.	25 mai 1820.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	28 avril 1856.	*id.*	*id.*

INGÉNIEURS EN CHEF DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Elève Ingénieur	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingénieur en chef de 1re classe.
Sauvage (C ✳).	4 avril 1814.	15 nov. 1833.	1er juill. 1837.	1er fév. 1839.	3 avril 1848.	15 août 1848.
Bayle ✳.	18 oct. 1819.	15 nov. 1810.	15 sept. 1815.	13 fév 1847.	28 avril 1856.	7 fév. 1863.
Dubocq (O ✳).	31 déc. 1820.	15 nov. 1841.	31 mars 1846.	14 oct. 1847.	*id.*	*id.*
Bossey ✳.	13 nov. 1820.	15 nov. 1841.	13 juin 1846.	11 oct. 1847.	27 nov. 1858.	*id.*
Delesse ✳.	3 fév. 1817.	15 nov. 1839	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	23 mai 1850.	5 avril 1864.
Furlet ✳.	24 janv. 1819.	*id.*	*id.*	*id.*	31 août 1855.	*id.*
Trautmann ✳.	26 avril 1821.	15 nov. 1843.	10 mars 1848.	21 juill. 1849.	27 nov. 1858.	*id.*
Bochet ✳.	14 fév. 1822.	*id.*	20 janv. 1848	*id.*	*id.*	*id.*
Peschart-d'Ambly ✳.	27 fév. 1823.	1er fév. 1845.	21 août 1848.	23 mai 1850.	18 nov. 1860.	26 août 1865.
De Commines de Marsilly ✳. . .	25 juin 1824.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	*id.*	25 avril 1866.
Tournaire ✳.	11 mai 1821.	1er fév. 1845.	21 août 1848.	3 mai 1850.	*id.*	*id.*
Phillips ✳.	21 mai 1821.	15 nov. 1842.	13 janv. 1847.	20 mars 1848.	27 nov. 1858.	5 janv. 1867.
Roger ✳.	29 avril 1825.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	18 nov. 1860.	*id.*
Lamé-Fleury ✳.	7 mai 1823.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*
Declerck ✳.	9 août 1813.	15 nov. 1833.	1er juil. 1837.	1er fév. 1839.	11 avril 1864.	*id.*
Bère ✳.	14 avril 1825.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	1er nov. 1860.	22 déc. 1869.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe.	Ingénieur ordinaire. 2e classe.	Ingénieur ordinaire. 1re classe.
Debette ✻.	2 janv. 1821.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	12 avril 1845
Juge.	7 avril 1817.	15 nov. 1842.	20 janv. 1848.	20 mars 1848.	27 mai 1860.
Arnoux ✻.	15 juin 1824.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	1er nov. 1860.
Flajolot ✻.	22 fév. 1824.	15 nov. 1846.	29 mai 1850.	21 déc. 1852.	id.
Jutier ✻.	1er juin 1826.	id.	id.	id.	id.
Hanet-Cléry ✻.	24 déc. 1824.	id.	id.	id.	id.
De Cizancourt ✻.	11 mars 1825.	id.	1er fév. 1851.	id.	id.
Labrosse-Luuyt ✻. . . .	15 déc. 1825.	1er fév. 1845.	21 août 1848.	23 mai 1850.	1 fév. 1863
Coulard-Descos ✻.	28 fév. 1826.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 1854.	id.
Cte de Vassart d'Hozier ✻.	31 juill. 1827.	15 nov. 1848.	27 avril 1852.	4 janv. 1855.	id.
Dubois.	5 janv. 1827.	id.	id.	31 août 1855.	id.
Lan ✻.	28 fév. 1826.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 1854.	16 mars 1863.
Castel ✻.	31 mars 1826.	id.	id.	id.	11 avril 1864.
Parran ✻.	26 juill. 1826.	15 nov. 1848.	27 fév. 1852.	31 août 1855.	id.
Le Bleu ✻.	4 mars 1826.	id	id.	id.	id.
De Gouvenain ✻.	1er fév. 1826.	id.	id.	id.	id.
De Freycinet ✻.	14 nov. 1828.	id.	id.	id.	id.
Rocard ✻.	29 janv. 1829.	id.	id.	id.	id.
Orsel ✻.	24 oct. 1828.	15 nov. 1849.	1er mars 1853	30 avril 1856.	24 août 1865.
Duchanoy ✻.	31 juill. 1827.	id.	id.	id.	id.
Résal ✻.	27 janv. 1828.	id.	21 mai 1853.	id.	id.
Linder ✻.	17 fév. 1829.	15 nov. 1850.	id.	id.	id.
Laur ✻.	13 oct. 1829.	15 nov. 1851.	17 fév. 1854.	10 mars 1857.	id.
Dormoy ✻.	9 déc. 1829.	id.	id.	id.	5 janv. 1867.
Martelet ✻.	21 avril 1830.	id.	id.	id.	id.
Haton de la Goupillière ✻.	23 juill. 1833.	15 nov. 1852.	juill. 1855.	5 déc. 1857.	id
Leseure ✻.	30 août 1831.	id.	id.	id.	id.
Moissenet ✻.	2 août 1831.	15 nov. 1853.	10 janv. 1857.	29 déc. 1859.	30 juill. 1867.
Lorieux ✻.	22 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Noblemaire ✻.	27 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Vatonne ✻.	17 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Massieu ✻.	4 août 1832.	id.	id.	id.	id.
Mallard ✻.	4 fév. 1833.	id.	id.	id.	id.
Jausions.	23 juill. 1832.	15 nov. 1854.	1er mai 1858.	8 nov. 1860.	30 déc. 1868.
Villot.	19 mars 1834.	15 nov. 1855.	9 juill. 1859.	7 fév. 1863.	id.
Julien.	24 août 1833.	id.	id.	id.	id.
Baudinot.	10 juill. 1834.	id.	id	id.	id.
Pouyanne.	5 sept. 1835.	id.	id.	id.	id.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur ordinaire de 3e classe.	Ingénieur ordinaire de 2e classe.
Audibert (O ✻)	25 janv. 1820.	15 nov. 1839.	1er juill. 1843.	12 avril 18[illegible]
Houpeurt ✻	12 fév. 1822.	15 nov. 1842.	13 janv. 1847.	20 mars 18[illegible]
Gauldrée-Boileau (O ✻)	22 août 1823.	15 nov. 1843.	12 sept. 1847.	21 juill. 18[illegible]
Cumenge ✻	16 avril 1828.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 18[illegible]
De l'Espée	27 sept. 1827.	15 nov. 1848.	27 avril 1852.	31 août 18[illegible]
Huyot ✻	5 fév. 1831.	15 nov. 1851.	17 fév. 1854.	10 mars 18[illegible]
Lachat	24 août 1829.	»	»	1er janv. 18[illegible]
Peslin	4 juin 1836.	15 nov. 1855.	9 juil. 1859.	7 fév. 18[illegible]
Mussy	7 fév. 1836.	15 nov. 1856.	28 déc. 1859.	11 avril 18[illegible]
Brossard de Corbigny	29 mars 18[illegible]7.	*id.*	*id.*	*id.*
Coince	28 sept. 18[illegible]6.	1er nov. 1857.	23 janv. 1861.	24 août 18[illegible]
Tissot	10 sept. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Jordan	5 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Vieillard	4 déc. 1835.	*id.*	*id.*	*id.*
Béral	1er août 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Liénard	22 fév. 1834.	1er nov. 1856.	*id.*	*id.*
Keller	21 mars 1837.	1er nov. 1858.	19 fév. 1862.	5 janv. 18[illegible]
Fuchs ✻	1er avril 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Vicaire	28 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Chosson	15 mars 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Ledoux	27 août 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Meurgey	28 juill. 1839.	1er nov. 1859.	7 janv. 1863.	30 juill. 18[illegible]
Potier	11 mai 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Barré	26 avril 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Duporcq	23 fév. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Worms de Romilly	3 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
De Lapparent	30 déc. 1839.	1er nov. 1860.	1er mars 1864.	30 déc. 18[illegible]
Carnot	27 janv. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Du Verdier de Genouillac	9 nov. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Gonthier	21 sept. 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Braconnier	3 juill. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Villié	29 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE TROISIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur de 3e classe.
Voisin	9 mars 1840.	1er nov. 1861.	28 déc. 1864.
Perrin	2 déc. 1841.	*id.*	*id.*
Genreau	18 mai 1840.	*id.*	*id.*
Nivoit	12 août 1839.	*id.*	*id.*
Matrot	9 juill. 1841.	1er nov. 1862.	17 fév. 1866.
Cornu	6 mars 1841.	*id.*	*id.*
Ichon	4 mars 1842.	1er nov. 1863.	19 janv. 1867.
Aguillon	3 juill. 1842.	*id.*	*id.*
Demongeot	9 juin 1842.	*id.*	*id.*
Lévy	17 août 1844.	1er nov. 1864.	21 déc. 1867.
Delafond	2 fév. 1844.	*id.*	*id.*
Silhol	28 oct. 1843.	*id.*	*id.*
Douvillé	16 juin 1846.	1er nov. 1865.	6 janv. 1868.
Clérault	21 mai 1844.	*id.*	*id.*
Choulette	13 fév. 1844.	*id.*	*id.*

TABLEAU

PAR ANCIENNETÉ DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE DES GARDES-MINES

GARDES-MINES PRINCIPAUX.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5ᵉ classe.	GARDE-MINES 4ᵉ classe.	GARDE-MINES 3ᵉ classe.	GARDE-MINES 2ᵉ classe.	GARDE-MINES 1ʳᵉ classe.	Garde-mines principal.
Koss ✻.	12 janv. 1806	»	»	»	24 juin 1840	24 mars 1845	1 juill. 1[illegible]
Jedlinski.	1 fév. 1811	»	»	»	»	1 fév. 1843	id.
Jusseraud.	11 juin 1816	»	»	»	29 mai 1840	24 mars 1845	23 juill. 1[illegible]
Makowiecki. . .	1 fév. 1813	»	25 août 1840	1 août 1843	6 juill. 1847	21 juill. 1857	19 juill. 1[illegible]
Mœvus.	27 déc. 1814	»	»	16 déc. 1843	10 mai 1847	id.	1 juill. 1[illegible]
Faugière ✻. . .	29 juill. 1815	»	15 juin 1840	23 sept. 1845	28 fév. 1849	1 juill. 1858	id.
Laurent.	3 oct. 1818	»	»	10 nov. 1846	19 juill. 1850	21 juill. 1857	1 juill. 1[illegible]
Laplanche. . . .	18 août 1821	»	1 janv. 1842	1 mai 1843	3 juill. 1847	id.	id.
Fragonard. . . .	15 mai 1817	»	»	9 fév. 1842	9 fév. 1846	1 juill. 1858	1 juill. 1[illegible]

GARDES-MINES DE PREMIÈRE CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5ᵉ classe.	GARDE-MINES 4ᵉ classe.	GARDE-MINES 3ᵉ classe.	GARDE-MINES 2ᵉ classe.	GARDE-MINES 1ʳᵉ classe.
Wolski	13 août 1807	»	»	»	29 mai 1840	24 mars 1[illegible]
Blanpied.	21 nov. 1818	»	»	»	30 juill. 1841	9 mars 1[illegible]
Lévy (Joseph) ✻.	7 sept. 1821	»	»	25 juin 1842	24 mars 1845	28 fév. 1[illegible]
Golembiowski.	17 août 1812	»	»	»	8 déc. 1847	27 juin 1[illegible]
Orlowski.	14 juin 1810	»	»	26 janv. 1843	9 fév. 1846	1 juill. 1[illegible]
Roulier	22 janv. 1817	»	»	»	15 janv. 1849	id.
Martin (Adrien)	13 janv. 1824	»	»	»	2 [illegible] 1847	23 juill. 1[illegible]
Lebas	25 fév. 1813	»	»	27 janv. 1845	6 juill. 1847	14 juill. 1[illegible]
Heuret.	18 sept. 1819	»	29 juin 1840	26 nov. 1846	19 juill. 1850	id.
Misiewicz	27 déc. 1813	»	4 juill. 1845	9 sept. 1853	21 juill. 1857	1 juill. 1[illegible]

Gardes-mines de première classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES				
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.	2ᵉ classe.	1ʳᵉ classe.
Canaly	26 mars 1815	24 sept. 1841	5 juill. 1844	10 août 1846	1 juill. 1858	1ᵉʳ juill. 1862
Albert	11 juin 1818	»	»	7 juill. 1840	*id.*	*id.*
Durrbach	29 avril 1820	»	»	31 août 1843	9 fév. 1846	13 juill. 1864
Gabriel	24 déc. 1808	»	9 déc. 1848	24 août 1851	1 juill. 1858	10 juill. 1865
Cluny	15 juill. 1814	»	»	22 juin 1847	6 août 1849	*id.*
Blacher	14 fév. 1814	»	29 août 1851	1 juill. 1858	10 déc. 1861	1 juill. 1867
Thouvenin	31 déc. 1819	»	27 mai 1846	19 juill. 1850	19 juill. 1861	*id.*
Vallet	19 nov. 1821	»	17 oct. 1850	1 juill. 1858	*id.*	*id.*
Pestelard	28 fév. 1822	»	18 déc. 1845	28 fév. 1849	23 juill. 1859	*id.*
Mittre	19 fév. 1823	»	5 juill. 1850	21 juill. 1857	19 juill. 1861	*id.*
Étienne	1 fév. 1826	»	17 oct. 1850	27 juin 1855	14 juill. 1860	1 juill. 1862
Jarkowski	6 avril 1811	»	25 juill. 1850	1 juill. 1858	19 juill. 1861	*id.*
Schmidt	3 sept. 1828	29 sept. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862	*id.*

GARDES-MINES DE DEUXIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES			
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.	2ᵉ classe.
Huré	9 déc. 1816	»	»	1 nov. 1841	1 fév. 1844
Roy	2 déc. 1822	»	»	28 janv. 1843	15 avril 1845
Lacombe ✱	21 avril 1825	»	»	»	8 déc. 1847
Coguiet	21 nov. 1826	»	»	»	22 déc. 1847
Bougarel	23 janv. 1822	»	5 août 1842	6 fév. 1846	9 déc. 1848
Royer	25 juill. 1826	»	»	»	25 août 1849
Mercanton	16 juin 1818	»	»	22 juin 1842	21 juill. 1857
Gérard	5 mai 1820	»	21 avril 1846	24 août 1851	1 juill. 1858
Fayet	10 mars 1817	»	27 avril 1855	23 juill. 1859	1 juin 1862
Pomel	20 sept. 1821	»	»	13 mai 1846	1 juill. 1862
Noël	1 janv. 1831	29 déc. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862
Bonvin (Antoine)	17 sept. 1826	29 sept. 1853	*id.*	14 juill. 1860	1 mai 1863
Toulza	14 mars 1825	»	9 avril 1850	*id.*	10 juill. 1865
Raphanel	1 janv. 1828	1 juin 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	*id.*
Fornier	26 avril 1824	29 sept. 1853	*id.*	14 juill. 1860	1 juill. 1866
Chabat	26 janv. 1828	28 nov. 1854	1 juill. 1858	19 juill. 1861	*id.*
Vitoux	22 nov. 1831	5 déc. 1854	*id.*	1 juill. 1862	*id.*
Vivien	2 janv. 1829	29 sept. 1853	*id.*	1 mai 1863	1 juill. 1867

Gardes-mines de deuxième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES.			
		5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e clas[se]
Martine.	17 déc. 1830	24 déc. 1856	14 juill. 1860	13 juill. 1864	1 juill. 18
Thomas (Alex.).	27 mars 1831	31 mars 1857	19 juill. 1861	*id.*	*id.*
Cuvillier.	26 mars 1832	18 avril 1853	21 juill. 1857	1 mai 1863	*id.*
Dunkel.	11 avril 1834	4 mai 1855	14 juill. 1860	*id.*	*id.*
Soyez.	9 août 1834	11 janv. 1856	*id.*	*id.*	*id.*
Magnon.	14 août 1826	25 fév. 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	1 juill.
Clère.	juill. 1823	»	8 juill. 1847	1 juill. 1862	*id.*
Boitel.	30 déc. 1821	»	4 juill. 1851	10 juill. 1865	*id.*
Urbain.	16 fév. 1820	20 juin 1854	1 juill. 1858	1 mai 1863	1 juill.
Bonnaymé.	25|janv. 1825	5 déc. 1854	23 juill. 1859	10 juill. 1865	*id.*
Bourdon.	9 nov. 1828	29 oct. 1857	14 juill. 1860	*id.*	*id.*

GARDES-MINES DE TROISIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES		
		5e classe.	4e classe.	3e clas[se]
Bertrand-Lom.	1 mars 17°9	»	»	22 janv.
Barnier.	10 déc. 1822	»	11 août 1846	12 mars
Rouet.	14 avril 1823	»	15 sept. 1845	*id.*
Mercier.	29 sept. 1824	»	17 août 1847	24 août
Estienvrot.	11 oct. 1827	»	9 avril 1850	19 juill.
Vassal.	15 déc. 1824	4 mai 1855	14 juill. 1860	13 juill.
Kaiser.	2 juill. 1825	20 mai 1856	14 juill. 1860	10 juill.
Halipré.	11 mai 1834	5 août 1856	23 juill. 1859	*id.*
Bouty.	19 mars 1828	5 juin 1858	1 juill. 1862	1 juill.
Munier.	24 mars 1828	14 mars 1857	14 juill. 1860	*id.*
Repelin.	3 juin 1831	27 oct. 1857	1 juill. 1862	*id.*
Minisclous.	7 déc. 1831	18 déc. 1855	14 juill. 1860	*id.*
Délaissement.	23 juill. 1832	26 mai 1858	1 juill. 1862	*id.*
Cœuilte.	28 mai 1833	4 mai 1855	19 juill. 1861	*id.*
Labeyrie (Léon).	17 juin 1836	26 mai 1858	1 juill. 1862	*id.*
Chevallot.	1 août 1823	13 oct. 1855	23 juill. 1859	1 juill.
Canelle.	12 avril 1833	22 oct. 1855	14 juill. 1860	*id.*
Ogier.	5 nov. 1827	30 déc. 1857	1 juill. 1862	*id.*

Gardes-mines de troisième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5e classe.	4e classe.	3e classe.
vé.	21 avril 1834	22 mars 1859	1 mai 1863	1 juill. 1867
bin.	16 juill. 1837	18 sept. 1860	id.	id.
stier.	23 mai 1836	25 fév. 1861	13 juill. 1864	id.
ardan.	18 août 1835	16 sept. 1861	id.	id.
avin (Gustave)	5 mars 1831	16 juill. 1858	1 juill. 1862	1 juill. 1868
ire.	27 juill. 1832	14 mars 1857	id.	id.
bourel.	11 juill. 1827	5 déc. 1854	1 mai 1863	id.
beyrie (Adolphe)	9 avril 1835	9 aout 1860	id.	id.
ntaine.	21 déc. 1826	11 juill. 1855	1 mai 1859	1 juill. 1869
rbry.	22 fév. 1835	26 mars 1859	id.	id.
'art.	13 janv. 1837	2 fév. 1860	1 juill. 1864	id.
senave.	28 oct. 1838	5 nov. 1861	1 juill. 1865	id.
rling.	20 mai 1839	3 oct. 1861	id.	id.

GARDES-MINES DE QUATRIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5e classe.	4e classe.
illet.	27 mars 1833	»	1 juin 1844
intenon.	5 août 1825	»	18 juin 1849
ragon.	17 juill. 1825	8 avril 1853	21 juill. 1857
ntz.	24 juin 1831	16 juin 1853	id.
lly.	17 janv. 1827	24 oct. 1859	1 mai 1859
dien.	15 déc. 1830	28 juin 1858	id.
gès (Edouard).	17 juin 1832	28 oct. 1858	id.
rrey.	5 sept. 1835	9 mars 1857	id.
bert.	20 fév. 1836	28 oct. 1858	id.
alot.	14 déc. 1832	20 juill. 1860	1 juill. 1864
ssin.	29 déc. 1838	3 oct. 1861	1 juill. 1865
lzard.	2 déc. 1838	24 oct. 1861	id.
irey.	17 août 1839	10 oct. 1860	id.
nzaud (Gaspard).	21 août 1826	18 déc. 1861	1 juill. 1866
rdes.	29 déc. 1834	25 oct. 1861	id.
ucault.	13 nov. 1838	5 nov. 1861	id.

Gardes-mines de quatrième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe.	4e classe
Larcade.	25 janv. 1832	23 avril 1860	1 juill. 1[illegible]
Doillon.	8 juin 1833	12 juill. 1862	id.
Pichard.	18 juill. 1839	28 nov. 1864	id.
Garreau.	11 juill. 1843	15 nov. 1864	id.
Guèze.	8 sept. 1838	9 sept. 1863	1 juil. [illegible]
Pezez.	5 août 1837	28 nov. 1864	id.
Savreux.	23 juill. 1836	15 fév. 1865	id.
Rouzand (Calixte).	17 juill. 1837	20 fév. 1865	id.
Fopp.	26 juin 1840	7 juill. 1865	id.
Goddard.	4 mars 1842	11 janv. 1865	1 juill. [illegible]
Devillers.	22 oct. 1842	15 avril 1865	id.
Lussac.	6 janv. 1836	1 fév. 1865	id.
Soyez (Victorin).	5 sept. 1839	16 fév. 1866	id.
Savy.	1 juill. 1838	1 mars 1866	id.

GARDES-MINES DE CINQUIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	DATE de nomination.	NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe
Weill.		16 avril 1853	Sarran.	26 août 1841	4 avr. [illegible]
Simonin.	22 août 1830	6 fév. 1854	Brossette.	12 juill. 1842	6 mai [illegible]
Platon.	30 déc. 1830	26 juill. 1854	Thomas (François).	8 janv. 1843	24 mai [illegible]
Fénélon.	1 oct. 1828	26 août 1854	Malplat.	28 janv. 1843	1 oct. [illegible]
Hurlaut.	9 fév. 1832	23 juin 1858	Auvergne.	9 août 1843	1 avr. [illegible]
Collombat.	20 déc. 1829	17 oct. 1859	Préchey.	11 juill. 1841	1 nov [illegible]
Picard.	22 déc. 1833	28 fév. 1861	Lafont.	5 déc. 1842	28 nov [illegible]
Letenneur.	23 juin 1832	25 oct. 1861	Fagot.	28 déc. 1839	1 déc. [illegible]
Grandière.	28 avril 1836	16 mars 1863	Thirion.	10 janv. 1845	id
Martin (Alexandre).	31 déc. 1842	27 déc. 1864	Lefèvre.	24 juin 1844	1 avril [illegible]
Bouvier.	16 mai 1841	15 avril 1865	Froissardey.	9 janv. 1844	15 mai [illegible]
Précorbin (de).	17 oct. 1837	16 fév. 1866	Lecomte.	28 juill. 1845	1 juill. [illegible]
Mermillod.	7 mars 1842	id.	Maniglier.	9 juin 1846	1 août [illegible]
Soudan.	10 janv. 1832	1 oct. 1866	Burtaire.	30 avril 1844	1 oct. [illegible]
Tourneur.	27 août 1839	19 mars 1867	Huguenin.	26 juin 1843	16 oct. [illegible]
Pondruel.	16 nov. 1839	30 mars 1867	Espérandieu.	20 déc. 1838	1er janv [illegible]
Barrier.	2 sept. 1837	3 avril 1867			

SERVICES DIVERS.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

CONTROLE ET SURVEILLANCE DES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

CHEMIN DE FER DU NORD ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. Diday (O ✱), Inspecteur général de 2e classe des Mines, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DU NORD ET EMBRANCHEMENTS.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires.

MM. Daniel ✱, 1re classe (P. et Ch.) . . . . Paris.
De Froissy ✱, 1re classe, (P. et Ch.) . . . . Amiens.
Manoel, 2e classe, (P. et Ch.) . . . . Arras.
Flamant, 2e classe, (P. et Ch.) . . . . Lille.
Hanet-Cléry ✱, 1re classe (Mines) . . . . Paris.
Liénard, 2e classe, (Mines) . . . . Amiens.
Voisin (Armand), 3e classe, (Mines) . . . . Arras.
Matrot, 3e classe, (Mines) . . . . Lille.

Conducteurs :

Dutro (Aug.), 1re cl. } Paris.
Delfosse, 1re cl. } Paris.
Lanvin, 2e cl. } Paris.
Doudelet, 2e cl. } Paris.
Mounneret, 3e cl. } Paris.
Deflandre, 1re cl. . . . . Amiens.
Boulet (T.), auxil. . . . . . . Amiens.
Leduc (C.), 2e cl. } Arras.
*Evrart, auxil., d. n. } Arras.
Debray (J.-Bap.), 1re cl. } Lille.
Vitraut (L), auxil. d. n. } Lille.

Gardes-Mines :

Fragonard, ppal., d. n. } Paris.
Bouvin (Ant.), 2e cl., d. } Paris.
*Soyez (V.), 4e cl. } Paris.
Sozey (Ch.), 2e cl. . . . . Lille.
Cœuilte, 3e cl., d. n. . . . . Arras.
Savreux, 4e cl., d. n. . . . . . . Amiens.

Nota. *Les Commissaires de surveillance administrative sont placés simultanément sous les ordres des Ingénieurs chargés de la surveillance technique et des Inspecteurs de l'exploitation commerciale.*

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM.
Vte Dubois, *Maître des requêtes en service extraordinaire.* Inspecteur principal. . Paris.
Petit, Inspecteur particulier. . . . . Creil.
Harel, *idem.* . . . . Lille.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS—VALENCIENNES.

Delisle, 1re cl. . . . . Paris.
…eniell, 1re cl. . . . . Paris.
N. . . . . Paris.
Talma (O ✻), 4e cl. . . . . . Paris.
Guillemin, 4e cl. . . . . . . La Chapelle.
Bordessoulle, 2e cl. . . . . . Pontoise.
Vacondart ✻, 4e cl. . . . . . Creil.
Niqueux, 1re cl. . . . . Amiens.
Résilliot ✻, 2e cl. . . . . . Amiens.
Periet ✻, 4e cl. . . . . Arras.
Rabany, 3e cl. . . . . Douai.
Gay ✻, 4e cl. . . . . Lille.
Gourdin, 2e cl. . . . . Lille.
Gagnebin, 4e cl. . . . . . . Valenciennes.

EMBRANCHEMENT SUR CALAIS ET DUNKERQUE.

Bernard ✻, 2e cl. . . . . . . Béthune.
Bouffe, 3e cl. . . . . Hazebrouck.
Marty (O ✻), 1re cl. . . . . Dunkerque.
Boquet ✻, 1re cl. . . . . . . Calais.

EMBRANCHEMENT DE DUNKERQUE A FURNES.

Marty (O ✻), 1re *d. n.* . . . . Dunkerque.

LIGNES DE FLECHINELLE AUX HOUILLÈRES DU PAS-DE-CALAIS.

Bernard ✻, 3e cl. *d. n.* . . . Béthune.

EMBRANCHEMENTS DE BOULOGNE ET DE BOULOGNE A CALAIS.

Célariés, 1re cl. . . . . Abbeville.
Milantier, 1re cl. . . . . Boulogne.

DE LILLE A BÉTHUNE ET A BULLY-GRENAY.

Gourdin, 2e cl. *d. n.* . . . . Lille.
Gay ✻, 4e cl. *d. n.* . . . . Lille.

EMBRANCHEMENT DE ROUEN A AMIENS.

Brécard ✻, 4e cl. . . . . . Rouen.
Niqueux, 1re cl. *d. n.* . . . . Amiens.
Résilliot, 2e cl. *d. n.* . . . . Amiens.

EMBRANCHEMENT D'ENGHIEN A MONTMORENCY.

Benielli, 1re cl., *d. n.* . . . . . Paris.
Delisle, 1re cl., *d. n.* . . . . . Paris.
Talma (O ✻), 4e cl., *d. n.* Paris.

EMBRANCHEMENT DE CREIL A LA FRONTIÈRE DE BELGIQUE.

De Sambœuf, 1re cl. . . . . Compiègne.
Beaurin, 4e cl. . . . . St-Quentin.
Stévenin ✻, 3e cl. . . . . . Cambrai.
Gravelle ✻, 3e cl. . . . . . . Maubeuge.

EMBRANCHEMENT DE CREIL A BEAUVAIS.

Fabre ✻, 4e cl. . . . . . . Beauvais.

EMBRANCHEMENTS DE LAON ET DE CHAUNY A SAINT-GOBAIN.

Brochard ✻, 4e cl. . . . . Laon.

LIGNE DE PARIS A SOISSONS.

Duffo ✻, 3e cl. . . . . . . Crépy en Valois.
Jeanneau, 1re cl. . . . . . . Soissons.

EMBRANCHEMENT DE SENLIS.

Kablé, 2e classe. . . . . . Senlis.

2° LIGNE D'ANZIN A SOMAIN.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. DECLERCK ✻, Ingénieur en chef des mines de 2e cl., *d. n.* à Valenciennes.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Staincq, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Valenciennes.
. . . . . (Mines). . . . . Valenciennes.

Garde-Mines :

Canelle, 3e cl., *d. n.* . . . . . . Valenciennes.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

M. Declerck remplit les fonctions d'Inspecteur de l'exploitation commerciale.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

M. Médard, commissaire 1re classe. . . . . . . Anzin.

RÉSEAU DE L'OUEST ET CHEMIN DE FER DE CEINTURE.

M. Duparc (O ✱), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DE L'OUEST.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	De Lagrené ✱, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Paris.
	Boreux, 3e classe, *d.n.* (P. et Ch.)	Caen.
	Ricour, 1re classe, *d.n.* (P. et Ch.)	Rennes.
	Cohen ✱, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Rouen.
	D'Améoourt ✱, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Le Mans.
	Considère, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Morlaix.
	Duchanoy ✱, 1re classe (Mines)	Paris.
	Massieu ✱, 1re classe, *d. n.* (Mines)	Rennes.
	Vieillard, 2e classe, *d. n.* (Mines)	Caen.

Conducteurs :

Fort, 1re cl.	Paris.
Carlin, 3e cl.	Paris.
Beaudeloux, auxil.	Paris.
Lemaire (B.), auxil.	Paris.
Deplanche (Ovide), 2e cl.	Rouen.
Poulain (J.-B.), 4e cl.	Argentan.
Duhail (Ch.), 1re cl.	Le Mans.
Lécluze, 1re cl.	Rennes.
Tannery, 1re cl.	Caen.
Lavalley, 3e cl.	St-Brieuc.

Gardes-Mines :

Roulier, 1re cl.	Paris.
Cuvillier, 2e cl.	Paris.
Bouvier, 5e cl.	Rennes.
Fornier, 2e cl., *d. n.*	Caen.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM.	Marie, Inspecteur principal	Paris.
	Meynard, Inspecteur particulier	Paris.
	Paixhans, Inspecteur particulier, *Maître des requêtes en service extraordinaire*	Paris.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Gare Saint-Lazare.

Caille, 3e cl.	Paris.
Molinier ✱, 3e cl.	Paris.
Rochet, 4e cl.	Paris.
Mariotte ✱, 4 cl.	Paris.

Gare Montparnasse.

De Cousy Fageolles, 1re cl.	Paris.
Joglart de la Grange, 4e cl.	Paris.

LIGNE PRINCIPALE : LE HAVRE—DIEPPE

Ricard, 1re cl.	Batignolles.
Dubosc (J.-F.), 1re cl.	Poissy.

Jullien, 1re cl. } Mantes.
Coupillaud ✻, 3e cl. } Mantes.
Dubosc (F.) ✻, 1re cl. } Rouen.
N. } Rouen.
De Palma, 3e cl. . . . . . . Yvetot.
Sorbier ✻, 1re cl. } Le Havre.
Delaunay, 2e cl. } Le Havre.
Gueudeville ✻, 4e cl. } Le Havre.
Godefroy, 1re cl. . . . . Dieppe.

LIGNE DE LA BANLIEUE ET DE CEINTURE.

Lelorrain, 4e cl. . . . . Auteuil.
Renard ✻, 3e cl. . . . . . . St-Germain.
De Boissoudy, 1re cl. . . . . Versailles (*r. d.*)
Robaglia ✻, 2e cl. . . . . . Versailles (*r. d.*)
Duhamel, 2e cl. . . . . Versailles (*r. g.*)

LIGNE PRINCIPALE : BREST.

Rafarin ✻, 1re cl. } Versailles.
Vieillard de Boismartin, 4e cl. } Versailles.
D'Arnay, 1re cl. . . . . Rambouillet.
Piéplus ✻, 3e cl. . . . . . . Chartres.
Guéniard ✻, 3e cl. . . . . . Nogent-le-Rotrou
Cuirblanc, 1re cl. } Le Mans.
Lancelot ✻, 2e cl. } Le Mans.
De Surmont ✻, 2e cl. . . . . Laval.
Main ✻, 4e cl. . . . . Vitré.
Lottin de la Peichardière, 4e cl. } Rennes.
Fougerat ✻, 3e cl. } Rennes.
Vesuty, 2e cl. . . . . Saint-Brieuc.
Wallois ✻, 4e cl. . . . . . . Morlaix.
Lelamer, 2e cl. . . . . Brest.

LIGNE DE FOUGÈRES À VITRÉ.

Main ✻, 4e cl., *d. n.* . . . . Vitré.

LIGNE DE SAINT-CYR À DREUX.

N. . . . . . . Dreux.

LIGNE DE RENNES À SAINT-MALO.

Amiel, 3e cl. . . . . Saint-Malo.

LIGNE DU MANS À ANGERS.

Mansais, 4e cl. . . . . Sablé.

LIGNE DE LAVAL À MAYENNE.

De Surmont ✻, 2e cl., *d. n.* Laval.

LIGNE DE LAIGLE À CONCHES.

Hureau ✻, 3e cl. . . . . . Laigle.

LIGNE D'ARGENTAN À VIRE.

Carrère ✻, 4e cl. . . . . . Flers.

LIGNE DE FLERS À PONT-D'OUILLY.

Carrère ✻, 4e cl. *d. n.* . . . Flers.

EMBRANCHEMENT DE MÉZIDON AU MANS.

Chaumont ✻, 1re cl. . . . . Alençon.
Meyer ✻, 4e cl. . . . . Argentan.

LIGNE DE CHERBOURG.

Duclavel (O✻), 4e cl. . . . Evreux.
Saal (O ✻), 4e cl. . . . . . Lisieux.
Lemoine ✻, 2e cl. . . . . . Lisieux.
Davy de Virville ✻, 2e cl. Caen.
Brisset, 3e cl . . . . Bayeux.
Lepoultier, 1re cl. . . . . . Saint-Lô.
Monphoux ✻, 4e cl. . . . . Cherbourg.

EMBRANCHEMENT D'HONFLEUR.

Tricot ✻, 2e cl. . . . . Honfleur.

LIGNE DE SERQUIGNY À ROUEN.

Cabet ✻, 3e cl. . . . . Elbeuf.

LIGNE DE PONTOISE À GISORS.

Derroja ✻, 4e cl. . . . . . Gisors.

2° CHEMIN DE FER DE CEINTURE AUTOUR DE PARIS ET EMBRANCHEMENT DU MARCHÉ DE LA VILLETTE.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. HACHETTE ✻, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1re cl., à Paris.

Ingénieurs ordinaires :

MM. De Lagrené ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.) } Paris.
Cheysson ✻, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.) } Paris.
Hanet-Cléry ✻, 1re classe *d. n.* (Mines) } Paris.

Conducteurs :

Martignon (E.), ppal. . . . Champenet.
Mourlon, 1re cl. } Paris.
D'Huez, 1re cl. } Paris.
Pierrot (F.), 1re cl. } Paris.
Taiée, 2e cl. } Paris.

Gardes-Mines.

Fragenard, ppal. . . . Paris.
Bonvin (Ant.), 2e cl. . . Paris.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

M. Hachette remplit les fonctions d'Inspecteur principal de l'exploitation commerciale.

M. Cormier, Inspecteur particulier. . . . . . , . . Paris.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

Barse, 2e classe. . . . . Paris-Charonne.

RÉSEAU DE L'EST.

M. Thoyot (O ❋), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. De Villiers du Terrage ❋, 1re classe (P. et Ch.). . . . Paris.
Colle ❋, 1re classe (P. et Ch.). . . . . Charleville.
Varroy ❋, 1re classe (P. et Ch.). . . . . Nancy.
Bœswillwald ❋, 2e classe, (P. et Ch.). . . . . Strasbourg.
Gilbin, 2e classe, (P. et Ch.). . . . . Chaumont.
Jundt ❋, 1re cl. (P. et Ch.). . . . . Mulhouse.
Gauckler ❋, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . . . Colmar.
Le Bleu ❋, 1re classe (Mines). . . . . Paris.
Nivoit, 3e classe, *d. n.* (Mines). . . . . Mézières.
Keller, 2e classe, *d. n.* (Mines). . . . . Strasbourg.

Conducteurs :

Tollet (C.), 1re cl. . . . . . Paris.
Bernard (Victor), 2e cl. . . . Paris.
Chabot, 2e cl. . . . . Paris.
Vieules, 3e cl. . . . . Paris.
Maucolin, 2e cl. . . . . Reims.
Boygnes, 4e cl., *d. n.* . . . . . Chaumont.
Maréchal (M.), auxil, d. n. . . Chaumont.
Varin, auxil., *d. n.* . . . . . Chaumont.
Gibassier (E.), auxil. . . . . Charleville.
Marchal (Ch.), 4e cl. . . . . Luneville.
Mercelat, 3e cl., *d. n.* . . . . Mulhouse.
Schneider (G.), 3e cl., *d. n.* Strasbourg

Gardes-Mines :

Blacker (Ad.), 1re cl. . . . . Paris.
Bonvin (G.), 3e cl. . . . . . . Paris.
Labeyrie (L.), 3e cl. . . . . . Paris.
Labeyrie (Ad.), 3e cl. . . . . Epernay.
Orlowski, 1re cl. . . . . . . Mézières.
*Schmidt, 1re cl., *d. n.* . . . . . Strasbourg.
*Bonnaymé, 2e cl., *d. n.* . . . Mulhouse.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Keller ✻, Inspecteur principal. . . . . } Paris.
Chodzkiewicz ✻, Inspecteur particulier . . . . }
Beauquet (C ✻), *idem.* Nancy.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS—STRASBOURG.

Lamarle, 1re classe. . . . . } Paris.
Tresneau, 1re cl. . . . . . . }
De Singly, 4e cl. . . . . . }
Cornu, 1re cl. . . . . } La Villette.
Eichelbrenner, 3e cl. . . . }
Gougelet ✻, 2e cl. . . . . . Meaux.
Demay, 1re cl. . . . . Epernay.
De Ruffey, 3e cl. . . . . . Châlons.
Hû ✻, 3e cl. . . . . Bar-le-Duc.
Couchot ✻, 2e cl. . . . . . Commercy.
Choisel, 1re cl. . . . . . . } Nancy.
Jassada, 2e cl. . . . . . . }
Coutan ✻, 3e cl. . . . . . . Lunéville.
Marchal, 1re cl. . . . . . } Strasbourg.
Michaud, 3e cl. . . . . . }

EMBRANCHEMENT DE REIMS.

Nancy, 1re cl. . . . . } Reims.
Lhotte, 4e cl. . . . . }

EMBRANCHEMENT DE REIMS A METZ.

De Ruffey, 3e cl. . . . . . . Châlons.
N. . . . . . . Verdun.

LIGNE DES ARDENNES.

Lemarié, 2e cl. . . . . Charleville.
N. . . . . . . Rethel.
Soret ✻, 4e cl. . . . . . . Givet.
N. . . . . . . Montmédy.

DE MÉZIÈRES A HIRSON.

Lemarié, 2e cl., *d. n.* . . . . Charleville.

EMBRANCHEMENT DE BLESME A SAINT-DIZIER ET GRAY.

Carpen ✻, 2e cl. . . . . . Joinville.

LIGNE DE WASSY A SAINT-DIZIER.

Carpen ✻, 2e cl., *d. n.* . . . . Joinville.

EMBRANCHEMENT DE CHAUMONT A TOUL.

Carpen ✻, 2e cl., *d. n.* . . . . Joinville.

LIGNE DE LANGRES A AUXONNE.

Meugniot, 1re cl. . . . . . Gray.

EMBRANCHEMENT DE THIONVILLE.

Passebois ✻, 3e cl. . . . . Metz.
Junquet ✻, 2e cl. . . . . . Thionville.

EMBRANCHEMENT DE FROUARD A LA FRONTIÈRE PRUSSIENNE.

Vernier ✻, 2e cl. . . . . . Forbach.

EMBRANCHEMENT DE SARREGUEMINES A SARREBRUCK. (Partie française.)

Vernier ✻, 2e cl. *d. n.* . . . Forbach.

EMBRANCHEMENT DE WISSEMBOURG.

Wit ✻, 2e cl. . . . . Wissembourg.

EMBRANCHEMENT DE STRASBOURG A BALE.

Decrept ✻, 3e cl. . . . . . . Schlestadt.
Gérard (J.), 1re cl. . . . . . Colmar.
Fourreau ✻, 4e cl. . . . . Saint-Louis.

DE BELFORT A GUEBWILLER.

Schaefer ✻, 4e cl. . . . . . . Belfort.
Gérard (J.), 1re cl. *d. n.* . . . Colmar.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS—MULHOUSE.

Touret ✻, 1re cl. . . . . . Tournan.
Cabrol ✻, 3e cl. . . . . . . Nogent-s.-Seine.
Lambert (F.) ✻, 3e cl. . . Troyes.
Balesté ✻, 2e cl. . . . . . Bar-sur-Aube.
Paulet ✻, 2e cl. . . . . . . Chaumont.
Jacopin, 2e cl. . . . . Langres.
Colin, 4e cl. . . . . Vesoul.
Schaefer ✻, 4e cl. . . . . Belfort.
Marchand, 1re cl. . . . . . . Mulhouse.

EMBRANCHEMENT DE PROVINS.

Sautot ✻, 4e cl. . . . . . . Provins.

EMBRANCHEMENT DE COULOMMIERS.

Chrétien, 1re cl. . . . . . . Coulommiers.

EMBRANCHEMENT DE NANCY A ÉPINAL ET A GRAY.

Charton ✻, 2e cl. . . . . . Epinal.

EMBRANCHEMENT DE BAR-SUR-SEINE ET CHATILLON.

Sauvage ✻, 4e cl. . . . . . Bar-sur-Seine.

LIGNE DE VINCENNES.

Bloch ✻, 2e cl. . . . . Paris.
Perret ✻, 1re cl. . . . . . } Vincennes.
Lamartinière ✻, 3e cl. . . . }

RÉSEAU D'ORLÉANS ET PROLONGEMENTS, ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. DUFRESNE (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS ET PROLONGEMENTS.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	De Lepinay ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Paris.
	Batereau ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Angers.
	Cheguillaume ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Nantes.
	Jozon, 2e classe (P. et Ch.)	Lorient.
	De Lafont ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Poitiers.
	De Beaucé ✻, Ingén. en chef de 2e cl. (P. et Ch.)	La Rochelle.
	Faure, 3e classe (P. et Ch.)	Angoulême.
	Brière, 2e classe (P. et Ch.)	Bourges.
	Radoult de Lafosse ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Moulins.
	Fabre, 3e classe (P. et Ch.)	Limoges.
	Saleta ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Bergerac.
	Mauranges, 3e classe (P. et Ch.)	Figeac.
	Dusauzey ✻, 1re classe (P. et Ch.)	Alby.
	Orsel ✻, 1re classe (Mines)	Paris.
	De Gouvenain ✻, 1re classe *d. n.* (Mines)	Moulins.
	Lorieux ✻, 1re classe *d. n.* (Mines)	Nantes.

Conducteurs :

Palaa (Jean), ppal	Paris.
Bierguel, 1re cl.	Paris.
Montel (M.), 2e cl.	Paris.
Blanpain (Ét.), 3e cl.	Paris.
Roger (Aug.), 4e cl.	Paris.
Villaumé, 4e cl.	Paris.
Roussez, 1re cl.	Vierzon.
Geslot, 3e cl.	Nantes.
Rolo, auxil. *d. n.*	Lorient.
Mérican, 2e cl.	Figeac.
Dureysseix, 2e cl.	Limoges.
Sabarly, ppal	Tours.
Chenaud (J.-B.), ppal	Angoulême.
Brunet (L.), 1re cl	Niort.
Virollet (J.-B.), 4e cl.	Moulins.
Janton, auxil.	Moulins.
Culot, 3e cl. *d. n.*	Périgueux.
Arnaud (J.-B.), 1re cl., *d. n.*	Albi.

Gardes-Mines :

Laplanche, ppal	Paris.
Cluny, 1re cl.	Paris.
Faugière ✻, ppal, *d. n.*	Montluçon.
Guèze, 4e cl.	Tours.
Martine, 2e cl., *d. n.*	Périgueux.
*Volski, 1re cl.	Nantes.
Vivien, 2e cl., *d. n.*	Nantes.
Jourdan, 3e cl., *d. n.*	Guéret.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM.	Bataille ✻, Inspecteur principal	Paris.
	Guillemeteau ✻, *idem*	Paris.
	Leroy de Saint Arnaud, *idem*	Paris.
	De Montbrun ✻, *idem*	ours.
	Duplan, Inspecteur particulier	Bourges.
	Nivet (O ✻), *idem*	Bordeaux.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Ligne principale. Paris—Bordeaux.

Nom	Résidence
Corbel, 1re cl.	Paris.
Burgard, 3e cl.	
Cappelle, 3e cl.	
Nanta, 2e cl.	Ivry.
Noël ✻, 3e cl.	Juvisy.
De Veslud ✻, 4e cl.	Etampes.
Méri de la Canorgue, 1re cl.	Orléans.
Malen ✻, 1re cl.	
Grandchamp, 2e cl.	
De Burosse, 1re cl.	
Colonna, 2e cl.	Beaugency.
Moreau ✻, 1re cl.	Blois.
Seiller, 1re cl.	Tours.
Dominique ✻, 1re cl.	
Lacroix (O ✻), 2e cl.	
Lépine ✻, 4e cl.	Chatellerault.
Mornand, 1re cl.	
Fargeot, 4e cl.	Poitiers.
Dassy ✻, 3e cl.	
Ribeyrol, 2e cl.	Ruffec.
Thomas ✻, 3e cl.	Angoulême.
Potier ✻, 3e cl.	Coutras.
De Neuchèze, 1re cl.	Libourne.
Bastide, 3e cl.	
Gazagne, 1re cl.	Bordeaux.
Cipollina, 2e cl.	
Saint-Quentin, 4e cl.	

Ligne de Brétigny à Vendôme.

Nom	Résidence
Comte ✻, 3e cl.	Vendôme.
Marie ✻, 3e cl.	Châteaudun.

Ligne d'Orléans au Guétin.

Nom	Résidence
Corriger ✻, 3e cl.	Vierzon.
Berteloite ✻, 3e cl.	
Beillot, 4e cl.	Bourges.
Saint-Didier, 4e cl.	

Lignes de Moulins à Bourges et à Laurière.

Nom	Résidence
Duchasseint, 2e cl.	Montluçon.
Mainfroy ✻, 4e cl.	
Boutillier, 3e cl.	Saint-Amand.
Nony, 3e cl.	Guéret.

Ligne de Vierzon à Périgueux.

Nom	Résidence
Cœuille, 1re cl.	Châteauroux.
Dubois (P.), 3e cl.	Limoges.
Martinet, 4e cl.	
Velleret ✻, 1re cl.	Thiviers.

Ligne de Tours à Nantes.

Nom	Résidence
Ventou-Duclaux, 1re cl.	Saumur.
Daurée de Prades, 1re cl.	Angers.
Lalande ✻, 2e cl.	
Delavau, 4e cl.	Ancenis.
Piron, 1re cl.	Nantes.
Chanlet ✻, 4e cl.	

Ligne de Tours à Vierzon.

Nom	Résidence
Seiller, 1re cl.	Tours.
Dominique ✻, 2e cl., *d. s.*	
Lacroix (O ✻), 2e cl., *s. s.*	
Corriger ✻, 3e cl., *d. s.*	Vierzon.
Berteloite ✻, 3e cl., *d. s.*	

Ligne d'Angers à Niort.

Nom	Résidence
Daurée de Prades, 1re cl., *d. s.*	Angers.
Lalande ✻, 2e cl., *d. s.*	
Beaugey ✻, 4e cl.	Bressuire.

Ligne de Tours au Mans.

Nom	Résidence
Vignol ✻, 2e cl.	Château-du-Loir.

Lignes de Nantes à St-Nazaire, à Landerneau et à Napoléonville.

Nom	Résidence
Coppé ✻, 1re cl.	St-Nazaire.
De Jorna, 4e cl.	Redon.
Laurent, 2e cl.	Vannes.
Clusel ✻, 3e cl.	Lorient.
Léveillé ✻, 3e cl.	Quimper.
Noyer ✻, 3e cl.	Châteaulin.
De Brettes, 3e cl.	Napoléonville.

Ligne de Poitiers à Limoges.

Nom	Résidence
Dassy ✻, 3e cl., *d. s.*	Poitiers.

Ligne de Nantes à Napoléon-Vendée.

Nom	Résidence
Wéry ✻, 4e cl.	Napoléon-Vendée.

Ligne de La Rochelle à Rochefort.

Nom	Résidence
Domazant, 1re cl.	Niort.
Couzineau ✻, 3e cl.	La Rochelle.
Lapeyre ✻, 2e cl.	Rochefort.

Ligne de Libourne à Castillon.

Nom	Résidence
De Neuchèze, 1re cl. *d. s.*	Libourne.
Bastide, 3e cl.	

Ligne de Périgueux à Agen.

Nom	Résidence
Villedieu, 2e cl.	Périgueux.
Chalut, 2e cl.	
Thénevot, 2e cl.	Belvez.

Embranchement de Villeneuve-d'Agen à Penne.

Nom	Résidence
Thenevot, 2e cl., *d. s.*	Belvez.

Ligne de Libos à Cahors.

Nom	Résidence
Coulon-Lagranval ✻, 3e cl.	Cahors.

LIGNE DE PÉRIGUEUX A MONTAUBAN, A RODEZ ET A ARVANT.

Cessac, 1re classe. . . . . . . Brives.
Ruy ✻, 3e cl. . . . . Figeac.
Baudouin, 2e cl. . . . . . . Aurillac.
Barte, 1re cl. . . . . Murat.
Fresnaye, 2e cl. . . . . . . Capdenac.
Pinceux ✻, 1re cl. . . . . . Villefranche.
Benthoux ✻, 2e cl. . . . . } Montauban.
Larrazet (O ✻), 2e cl. . . . }
De Matha, 4e cl. . . . . . . Rodez.

LIGNE DE TOULOUSE A ALBI.

Blanc ✻, 2e cl. . . . . Albi.
Azema ✻, 3e cl. . . . . . . Gaillac.

LIGNES DE SCEAUX ET D'ORSAY.

D'Hericourt ✻, 3e cl. . . . Paris.
Seugnot ✻, 3e cl. . . . . . Limours.

2e LIGNE DE NAPOLÉON-VENDÉE AUX SABLES-D'OLONNE.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. ENDRÈS ✻, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de 2e classe, à Napoléon-Vendée.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Thanneur, 3e cl., *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Napoléon-Vendée.
Brossard de Corbigny, 2e cl., *d. n.* (Mines). . . . . . . Angers.

Conducteur :

Chamuel, 4e cl. *d. n.* . . . Napoléon-Vendée.

Garde-Mines :

Fopp, 4e cl. . . . . Angers.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Granger ✻, Commissaire de 4e classe, à Napoléon-Vendée.

3e LIGNE DES DEUX-CHARENTES.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. COMPAING ✻, Ingén. en chef des P. et Ch., de 1re classe, *d. n.* à Poitiers.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Polony, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Rochefort.
Alexandre, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . } Angoulême.
Faure, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . }
Silhol, 3e classe, *d. n.* (Mines). . . . . Limoges.

Conducteurs :

Giraud (M.), 3e cl., *d. n.* . . . . Rochefort.
*Lagarde (F.), 3e cl., *d. n.* . . . . Angoulême.

Garde-Mines :

N. . . , 3e cl., *d. n.* . . . . Angoulême.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Vitet ✻, 4e cl. . . . . Rochefort.
Bourgogne, 4e cl. . . . . Saintes.
N. . . . . . Jonzac.

RÉSEAU DE PARIS A LA MÉDITERRANÉE, ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. COUCHE (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Mines, chargé de la Direction du service, à Paris.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

1e SECTION.

Lignes de Paris à Chagny : Embranchements d'Auxerre et de Châtillon-sur-Seine; — de Villeneuve à Montargis; — Embranchements de Pithiviers et de Moret à la Charité; — de Dijon à Belfort; — de Gray à Auxonne, de Gray à Fraisans; — de Dôle à Pontarlier; — de Salins et de Champagnolle; — de Besançon à Poligny (exclusivement); **— de Montbéliard à Delle.**

Ingénieurs ordinaires.

MM. Schlemmer ✻, 1re classe (P. et Ch.). . . . . Paris.
Bataille, 3e classe (P. et Ch.). . . . . Besançon.
Cte de Vassart d'Hozier ✻, 1re cl. (Mines). . . . . . . Paris.
Villié, 2e classe (Mines). . . . . Dijon.

Conducteurs :

Cary, 1re cl. . . . . Paris.
Mathieu (E.), 2e cl. . . . . Paris.
Minot (J.-B.), 2e cl. . . . . Paris.
Tollet (H.), auxil. . . . . . Paris.
Focillon, 2e cl. . . . . . Dijon.
Bouhin, 3e cl., d. s. . . . Besançon.

Gardes-Mines :

Vallet, 1re cl. . . . . Paris.
Clère, 2e cl. . . . . Paris.
Keiser, 3e cl. . . . . Paris.
Zerling, 3e cl. . . . . Paris.
Doillon, 4e cl. . . . . Dijon.
Heuret, 1re cl., d. s. . . . . Lyon.
*Massin. 4e cl. . . . . Clermont.

2e SECTION.

Lignes de La Charité à Langeac; — de Nevers à Chagny; — de Moulins à Montchanin; — d'Etang à Epinac; — de Clermont-Ferrand à Pont-de-Dore; — Embranchement de Vichy; — Lignes d'Epinac à Pont-d'Ouche, du Creusot et de Créot; — Lignes de Saint-Germain-des-Fossés à Saint-Germain au mont d'Or; — de Roanne à Lyon par Saint-Etienne; — de Saint-Just à Monbrison; — de Saint-Etienne au Puy; — Embranchements de Givors à Chasse et de la Beraudière; — Lignes de Chagny à Saint-Rambert; — d'Albon; — de Mâcon à Genève; — de Lyon à Poligny; — de Lyon à Moirans.

M. CACARRIÉ ✻, Ingén. en chef des Mines de 1re classe, à Saint-Étienne.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Bonneau du Martray, 2ᵉ classe (P. et Ch.). . . . . . Nevers.
Delocre ✻, 1ʳᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Lyon.
Jacquet ✻, 1ʳᵉ classe (P. et Ch.). . . . . Lyon.
. . . . Paris.
Leseure ✻, 1ʳᵉ classe, *d. n.* (Mines). . . . . Rive-de-Gier.
Luuyt ✻, 1ʳᵉ classe, *d.n.* (Mines). . . . . Lyon.

Conducteurs :

Bossuat (H.), auxil. . . .	Nevers.	Poy, 1ʳᵉ cl.	Lyon.
Defouilloux, auxil., *d n.* .	Luzy.	N.	Lyon.
Roche, 1ʳᵉ cl.	Moulins.	Roze (A.), 3ᵉ cl. *d. n.* . .	Lyon.
Prudhomme (L.), 2ᵉ cl. . .	Saint-Étienne.		

Gardes-Mines :

*Kaiser, 3ᵉ cl., *d. n.*	Paris.	*Lavé, 3ᵉ cl., *d. n.*	Rive-de-Gier.
*Repelin, 3ᵉ cl.	Saint-Étienne.	*Toulza, 2ᵉ cl., *d. n.*	Lyon.
*Massin, 4ᵉ cl., *d. n.*	Clermont.	*Sarran, 5ᵉ cl., *d. n.*	Lyon.

3ᵉ SECTION.

Lignes de Valence à Chambéry; — de Saint-Rambert à Rives; — de Saint-Lambert à Annonay; — de Livron à Privas; — de Saint-Rambert à Marseille; — Embranchements de Carpentras et de Cavaillon; — de Tarascon à Cette; — de Nîmes à Bessèges; — d'Alais à Villefort et embranchement; — d'Arles à Lunel; — de Marseille à Menton; — Embranchements de Valdonne, d'Aix, de Meyrargues et de Draguignan.

M. Monnet ✻, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1ʳᵉ classe, *d.n.*, à Marseille.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Pasqueau 2ᵉ classe (P. et Ch.). . . . . Grenoble.
Lenthéric, 2ᵉ classe (P. et Ch.). . . . . Nîmes.
Parlier, 2ᵉ cl. (P. et Ch.). . . . . Marseille.
Baudinot, 1ᵉ classe (Mines). . . . . Grenoble.
Ledoux, 2ᵉ classe, *d. n.* (Mines). . . . . Alais.
Villot, 1ᵉ classe (Mines). . . . . Marseille.

Conducteurs :

Verdot (Aug.), 2ᵉ cl. . . .	Marseille.	*Thiervoz, auxil., *d. n.* . . .	Grenoble.
Manthès, principal.	Nîmes.	Montel (N.), 3ᵉ cl., *d. n.* . .	Marseille.
Moncourant, 1ʳᵉ classe. . .	Nîmes.	Carriol (L.), 4ᵉ cl.	Marseille.

Gardes-Mines :

Mittre, 1ʳᵉ cl., *d. n.*	Alais.	*Lecomte, 5ᵉ cl., *d. n.*	Marseille.
Bourdon, 2ᵉ cl., *d. n.*	Grenoble.	*Albin, 3ᵉ cl.	Avignon.

4ᵉ SECTION.

Lignes du Rhône au mont Cenis; — d'Annecy à Aix; — du mont Cenis.

M. Cᵗᵉ Dumoulin ✻, Ingén. en chef des P. et Ch. de 2ᵉ cl., *d.n.*, à Chambéry.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Méray ✻, 1re classe (P. et Ch.). . . . . } Chambéry.
Perrin, 3e classe (Mines). . . . . }

Conducteurs :

Cellière, 2e cl., *d.n.* . . . . . . } Chambéry.
Juge, 4e cl., *d. n.* . . . . . . }

Garde-Mines :

Goddart, 4e cl., *d. n.* . . . . . . Chambéry.

5e SECTION.

Lignes de Lyon à la Croix-Rousse; de la Croix-Rousse à Sathonay; — de Sathonay à Bourg.

MM. LONJON ✻, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1re cl., *d. n.* . . . Lyon.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Jacquet ✻, 1e classe (Mines). *d. n.* . . . . } Lyon.
Luuyt ✻, de 1re classe (P. et Ch.) *d. n.* . . . . }

Conducteurs :

Poy, 1re cl., *d.n.* . . . . } Lyon.
Rossi (J.-B.). . . . . . . }

Garde-Mines :

*Toulza, 2e cl., *d. n.* . . . . . . } Lyon
*Sarran, 5e cl., *d.n.* . . . . . . }

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. De Savigny ✻, Inspecteur principal. . . . . Paris.
Lafon (O ✻), Inspecteur principal. . . . . Lyon.
Robin ✻, Inspecteur particulier. . . . . Paris.
James, Inspecteur particulier. . . . . Paris.
De Trazegnies, Inspecteur particulier. . . . . Lyon.
Teulon ✻, Inspecteur particulier. . . . . Nîmes.

Surveillance administrative du Réseau.

1° LIGNE DE PARIS A LYON PAR LA BOURGOGNE ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS-LYON.

Etard ✻, 2e cl. . . . . . . }
Rossignol, 1re cl. . . . . . } Paris.
Pietra-Santa, 3e cl. . . . . . }
Bimet, 2e cl. . . . . } Bercy.
De Ligniville, 2e cl. . . . . }
Maréchal (Ch.) ✻, 2e cl. . Melun.
Bossan ✻, 1re cl. . . . . . . Fontainebleau.
Naux, 2e cl. . . . . } Montereau.
Poncet, 4e cl. . . . . }
Bocahut ✻, 3e cl. . . . . . Sens.
Dillon ✻, 1re cl. . . . . . . Tonnerre.
Rayez, 4e cl. . . . . Montbard.
Quinquin ✻, 2e cl. . . . . }
Mallard ✻, 3e cl. . . . . . } Dijon.
Du Chaylard ✻, 3e cl. . . . }
Note ✻, 4e cl. . . . . . . Châlon.
Ladoux ✻, 1re cl. . . . . . } Mâcon.
Petitprêtre ✻, 3e cl. . . . }
Alexandre, 4e cl. . . . . . . Villefranche.
Thevenin (J.-B.), 1re cl. . }
Vermorel ✻, 3e cl. . . . . }
Dornier ✻, 4e cl. . . . . . } Lyon.
Lanen ✻, 4e cl. . . . . . . }
Tarnoswki, 4e cl. . . . . . }

EMBRANCHEMENT D'AUXERRE.

Bertrou, 1re cl. . . . . Auxerre.

EMBRANCHEMENT DE CHATILLON-SUR-SEINE.

Lachassagne ✻. 4e cl. . . . . Châtillon.

Embranchement de Dijon a Besançon a Ranchot et a Belfort, et a Ouges.

Jeannot ✻, 3e cl. . . . . . } Dôle.
Henry, 3e cl. . . . . }
Maréchal (Georges) ✻, 2e cl. } Besançon.
Hugonneau ✻, 2e cl. . . . . }
Barçon, 3e cl. . . . . Montbéliard.

Embranchement de Pontarlier.

Bonnet ✻, 4e cl. . . . . . . Salins.
Girod, 3e cl. . . . . Pontarlier.

Embranchement de Dole a Bourg.

Grousteau ✻, 3e cl. . . . . Lons-le-Saulnier.

Embranchement d'Auxonne.

Noirot ✻, 2e cl. . . . . Auxonne.

Ligne d'Épinac a Pont-d'Ouche.

Decheverry ✻, 4e cl. . . . . Autun.

Embranchement de Chagny a Nevers et a Moulins.

Servant, 4e cl. . . . . Chagny.
Roidot ✻, 3e cl. . . . . . . Paray-le-Monial.
Decheverry ✻, 4e cl., *d. s.* Autun.

Lignes du Creusot au canal du centre et de Créot a la ligne de Chagny a Moulins.

Servant, 4e cl., *d. s.* . . . . Chagny.
Roidot ✻, 3e cl., *d. s.* . . . . Paray-le-Monial.

Embranchement de Lyon a Genève.

Palazzi, 2e cl. . . . . Lyon.
Gaillardin, 2e cl. . . . . . . Ambérieux.
Rivas ✻, 2e cl. . . . . Culoz.
Tardy de Montravel, 4e cl. . Bellegarde.

Embranchement d'Ambérieux a Macon

Semidei, 4e cl.. . . . . Bourg.

2e LIGNE DE PARIS A LYON PAR LE BOURBONNAIS ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Ligne principale : Paris—Lyon.

Lécuyer, 1re cl. . . . . Corbeil.
Poteau ✻, 2e cl.. . . . . . Moret.
Marix ✻, 2e cl. . . . . . . Montargis.
Maitre ✻, 3e cl. . . . . . . Cosne.
Nival, 1re cl. . . . . } Nevers.
Giat, 2e cl.. . . . . }
Mouroult, 1re cl . . . . . } Moulins.
Dubois (Ant.) ✻, 4e cl. . . }
Agnéty, 2e cl. . . . . } St-Germain-des-Fossés.
D'Auzolles, 3e cl . . . . . . }
Manioulous ✻, 4e cl. . . . Roanne.
Beuret ✻, 2e cl. . . . . Le Coteau.
Mandet, 3e cl.. . . . . } Saint-Étienne.
Troussaint ✻, 4e cl. . . . . }
Bernis, 4e cl. . . . . Givors.
Court, 1re cl. . . . . } Lyon.
Leyssale, 4e cl. . . . . }

Ligne de Malesherbes a Pithiviers.

Marix ✻, 2e cl., *d. s.* . . . . Montargis.

Embranchement de Vichy.

Bigard ✻, 3e cl. . . . . Vichy.

Embranchement sur Brioude.

Delanef, 1re cl. . . . . }
Bloc ✻, 1re cl. . . . . } Clermont.
Bajon, 3e cl. . . . . }
Treilhe (Louis), 1re cl. . . Brioude.

Embranchement de Saint-Étienne au Puy.

Broquin, 2e cl. . . . . Firminy.
Treilhe (Antoine), 2e cl. . . Le Puy.

Embranchement des Aiguilles du Cluzel a Roche-la-Molière.

Mandet, 3e cl., *d. s.* . . . . Saint-Etienne.

Embranchement de Clermont a Montbrison.

Bajon, 3e cl. *d. s.* . . . . . Clermont.

Embranchement de Montbrison.

Joubert, 3e cl.. . . . . Montbrison.

Embranchement de Tarare a Saint-Germain.

Castelnovo (O ✻), 4e cl. . . Tarare.

3° LIGNE DE LYON A LA MÉDITERRANÉE ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : LYON—MARSEILLE.

Grimardias, 4° cl. . . . . Vienne.
Donna, 2° cl. . . . . Saint-Rambert.
Joudou ✻, 1re cl. . . . . . } Valence.
Wathier ✻, 1re cl. . . . . . }
Lantenois ✻, 3° cl. . . . . Montélimart.
Métivier, 1re cl. . . . . Avignon.
George, 2° cl. . . . . } Tarascon.
Pontanel ✻, 3° cl. . . . . . }
Guiran ✻, 2° cl. . . . . . . }
Mozziconnacci, 2° cl. . . . } Marseille.
Piazza, 4° cl. . . . . }
Simon (O ✻), 4° cl. . . . . Arles.

EMBRANCHEMENTS DE LYON, DE SAINT-RAMBERT ET DE VALENCE A GRENOBLE.

André, 1re cl. . . . . Bourgoing.
Bernardi ✻, 4° cl. . . . . . Voiron.
Douglas, 4° cl. . . . . Saint-Marcellin.
Mounier ✻, 1re cl. . . . . . } Grenoble.
Revel, 3° cl. . . . . }

LIGNE DE SAINT-RAMBERT A ANNONAY.

Donna, 2° cl., *d. n.* . . . . . . Saint-Rambert.

EMBRANCHEMENT DE PRIVAS.

Guigon, 2° cl. . . . . Privas.

EMBRANCHEMENT DE CARPENTRAS.

Vermalle, 1re cl. . . . . Carpentras.

EMBRANCHEMENT D'AVIGNON A APT.

Jalabert ✻, 4° cl. . . . . . Cavaillon.

EMBRANCHEMENT D'ALAIS, DE BESSÈGES ET DE VILLEFORT A LA LEVADE.

Bouillet, 4° cl. . . . . Alais.
Picon, 1re cl. . . . . Villefort.

EMBRANCHEMENT D'AIX.

Picard, 1re cl. . . . . Aix.

EMBRANCHEMENT D'ARLES A LUNEL.

De Lirac, 4° cl. . . . . Lunel.

EMBRANCHEMENT DE CETTE.

Viel, 1re cl. . . . . } Nîmes.
Delorme, 4° cl. . . . . }
Peyrolle ✻, 2° cl. . . . . . . } Montpellier.
Bermont de Vachères, 3° cl. }
Lambert (Ed.), 3° cl. . . . Cette.

LIGNE DE TOULON A NICE ET A MENTON.

Vareilles, 2° cl. . . . . Aubagne.
Delabarre ✻, 1re cl. . . . . } Toulon.
Prat ✻, 2° cl. . . . . }
Menard, 3° cl. . . . . Les Arcs.
Issaurat ✻, 1re cl. . . . . . . } Nice.
Lacoste, 1re cl. . . . . }
Gastaldy, 2° cl. . . . . Menton.

4° LIGNE D'ANNECY A AIX.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

Robio ✻, commissaire de 4° cl. . . . . Annecy.

5° LIGNES DE VICTOR-EMMANUEL ET DU MONT CENIS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Figard ✻, 4° cl. . . . . Aix.
De Lamare, 2° cl. . . . . . . Chambéry.
Lalanne ✻, 4° cl. . . . . Saint-Michel.

6° LIGNES DE LYON A LA CROIX-ROUSSE ; — DE LA CROIX-ROUSSE A SATHONAY ; DE SATHONAY A BOURG.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire :

Poisot, 3° cl. . . . . Lyon.

RÉSEAU DU MIDI ET LIGNES QUI S'Y RATTACHENT.

M. JAQUEMET (O ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées de 2ᵉ cl., chargé de la Direction du service, à Bordeaux.

1° CHEMINS DE FER DU MIDI.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Stoecklin ✻, 1ʳᵉ cl. (P. et Ch.)	Bayonne.
Salva, 2ᵉ cl. (P. et Ch.)	Cette.
Moffre ✻, 1ʳᵉ classe (P. et Ch.)	Toulouse.
Cendre, 3ᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Agen.
Fargue ✻, 1ʳᵉ cl. (P. et Ch.)	Bordeaux.
D'Ussel, 3ᵉ cl. (P. et Ch.)	Tarbes.
Dusauzey ✻, 1ʳᵉ classe (P. et Ch.)	Albi.
Malbes ✻, 2ᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Perpignan.
Linder ✻, 1ʳᵉ classe, *d. n.* (Mines)	Bordeaux.

Conducteurs :

Mattabon (A.), 2ᵉ cl. *d. n.*	Bordeaux.
Lespinasse, 2ᵉ cl.	Bordeaux.
Astié, 3ᵉ cl.	Bordeaux.
Béquet (A.), 4ᵉ cl.	Bordeaux.
Pouey 4ᵉ cl.	Bordeaux.
Lartigan (H), auxil.	Bordeaux.
Dedaux, 1ʳᵉ cl.	Toulouse.
Bénézech, 3ᵉ cl., *d. n.*	Agde.
*Roucairol, 2ᵉ cl. *d. n.*	Narbonne.
Nouguès, 2ᵉ cl.	Agen.
*Baritaud, 4ᵉ cl., *d. n.*	Agen.
Bétis, 4ᵉ cl.	Bayonne.
Lavigne (J.), auxil., *d. n.*	Bayonne.
Arnaud (L.), 1ʳᵉ cl. *d. n.*	Albi.
*Laurens, 2ᵉ cl., *d. n.*	Tarbes.
*Tourinel, auxil., *d. n.*	Tarbes.
Lassale (B.), 4ᵉ cl., *d. n.*	Perpignan.

Gardes-Mines.

*Cazenave, 3ᵉ cl., *d. n.*	Bordeaux.
Larcade, 4ᵉ cl.	Bordeaux.
Costier, 3ᵉ cl.	Toulouse.
Huguenin, 5ᵉ cl.	Tarbes.
Feyte, 5ᵉ cl.	Béziers.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Soulliard de Blangis ✻, Inspecteur principal	Bordeaux.
Bechameil (O ✻), Inspecteur particulier	Toulouse.
Coubé-Chaptal, *idem*	Bayonne.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : BORDEAUX—CETTE.

Vignerte, 1re cl.	Bordeaux.
Barthès, 1re cl.	Bordeaux.
Marchadier ✻, 1re cl.	Bordeaux.
Levessel ✻, 4e cl.	Bordeaux.
Berbesson, 1re cl.	Langon.
Thevenin (A.) ✻, 4e cl.	Marmande.
*Lacouture ✻, 3e cl.	Agen.
Calvel ✻ 4e cl.	Agen.
Chaubard, 4e cl.	Moissac.
Reynaud, 1re cl.	Montauban
Manes, 1re cl.	Toulouse.
Chenu ✻, 2e cl.	Toulouse.
Fauré, 2e cl.	Castelnaudary.
Sabatier ✻, 2e cl.	Carcassonne.
Coloni ✻, 4e cl.	Narbonne.
Dupuy ✻, 3e cl.	Béziers.
Cavalerie ✻, 4e cl.	Agde.
Astier ✻, 4e cl.	Cette.
Chaverot ✻, 4e cl.	Cette.

EMBRANCHEMENT DE LANGON A BAZAS.

Berbesson, 1re cl., *d. n.*	Langon.

LIGNE DE BORDEAUX A BAYONNE.

Chastaing, 2e cl.	Bordeaux.
Guillaume ✻, 4e cl.	Morcenx.
Germoy ✻, 3e cl.	Dax.
Noyrit, 1re cl.	Bayonne.
Delbé, 1re cl.	Bayonne.

EMBRANCHEMENT DE MONT-DE-MARSAN.

Lablache-Combier (O ✻), 2e cl.	Mont-de-Marsan.

LIGNE DE TOULOUSE A BAYONNE.

Teyssandier, 4e cl.	Montrejeau.
Ferran, 2e cl.	Tarbes.
Bonzom (O ✻), 3e cl.	Tarbes.
Guyard ✻, 3e cl.	Pau.

LIGNE DE MONTPELLIER A RODEZ.

Junqua, 4e cl.	Paulhan.

LIGNE D'AGEN A TARBES.

Bertrès, 1re cl.	Auch.
Santereau, 4e cl.	Mirande.

EMBRANCHEMENT DE MAZAMET.

Escande (O ✻), 4e cl.	Mazamet.

LIGNE DE CARMAUX A ALBI.

Chartrou ✻, 3e cl.	Albi.

EMBRANCHEMENT DE PERPIGNAN ET DE PORT-VENDRES.

Martin ✻, 2e cl.	Perpignan.

EMBRANCHEMENT DE GRAISSESSAC.

Dupuy ✻, 3e cl. *d. n.*	Béziers

LIGNE DE SAINT-SIMON A FOIX.

Rumeau, 2e cl.	Foix.

LIGNE DE LODÈVE ET DE MONTPELLIER.

Cavalerie ✻, 4e cl. *d. n.*	Agde.
Junqua, 4e cl., *d. n.*	Paulhan.

2° CHEMIN DE FER DE PERPIGNAN A PRADES.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires:

MM. Malbes ✻, 2e cl., *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Perpignan.
Linder ✻, 1re cl., *d. n.* (Mines.). . . . . Bordeaux.

Conducteur:

Lassalle (Barthe), auxil. . . . . Perpignan.

Garde-mines:

Lareade, 4e cl. *d. n.* . . . . Béziers.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Souillard de Blangis ✻, Inspecteur principal, *d. n.* . . . . Bordeaux.
Bechameil (O ✻), Inspecteur particulier, *d. n.* . . . . . . Toulouse.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Gitareu (O ✻), Commissaire, 3[e] cl. . . . . Perpignan.

3[e] CHEMIN DE FER DE BORDEAUX AU VERDON.

MM. Pairier ✻, Ingénieur en chef de 1[re] classe, chargé de la direction du service, à Bordeaux.

Ingénieurs ordinaires.

Robaglia ✻, 1[re] classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . . } Bordeaux.
Linder ✻, 1[re] classe, *d. n.* (Mines). . . . . }

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

Tournadre, 4[e] classe. . . . . Bordeaux.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE
DES
INGÉNIEURS DES MINES.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
A		
Aguillon.	ing. ord. 3ᵉ cl. .	Albi, Div. sud-ouest.
Amiot.	élève 2ᵉ cl. . . .	École.
Arnoux ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	*Disponibilité.*
Audibert (O ✻)	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	*Comp. du ch. de fer de la Méditerranée.*
B		
Barré.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	*Congé illimité.*—Soc. des mines, usines et ch. de fer d'Autriche.
Baudin (O ✻).	insp. gén. 1ʳᵉ cl. .	Conseil gén. des Mines.
Baudinot.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Grenoble, Div. sud-est. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
Bayle ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Cours à l'École des Mines et à l'École des Ponts et Chaussées.
Béral	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	Turquie.
Bère ✻	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Périgueux, Div. du Centre.
Bertera ✻..	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	*Compagnie des chemins de fer d'Orléans.*
Bertrand ✻.	élève hors de conc.	*École polytechnique.*
Bertrand (Marcel). . .	élève 3ᵉ cl.	Ecole.
Billy (de) (O ✻). . .	insp. gén. 1ʳᵉ cl.	Cons. gén. des Mines. — Cons. de l'École.
Bochet ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Chambéry, div. sud-est.
Boilleau (*Gauldrée-*) (O ✻).	ing. ord. 2ᵉ cl. .	*Ministère des Affaires Étrangères.*
Bossey ✻	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Rennes, Div. nord-ouest et serv. sp.
Boureuille (de) (G O ✻)	insp. gén. 1ʳᵉ cl.	Conseil d'État.—Secrét. gén. du Ministère, serv. génér. et des Mines.
Boutan.	élève 3ᵉ cl.. . . .	Ecole.
Braconnier.	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	Nancy, Div. nord-est.
Brossard de Corbigny.	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	Angers, Div. centre.— Ch. de fer de Napoléon-Vendée aux Sables-d'Olonne.
C		
Cacarrié ✻.	ing. en chef 1ʳᵉ cl.	École des mineurs de Saint-Étienne.—Ch. de fer de Montbrison;—de Paris-Lyon-Méditerranée (c. des tr. et de l'expl.).
Callon (O ✻).	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Cours à l'École des mines.
Carnot.	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	Cours à l'École des mines. — Laboratoire.
Castel ✻..	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Clermont, Div. du Centre.
Chancourtois (de) (C ✻)	ing. en chef 1ʳᵉ cl.	Cours à l'École des Mines. Carte géologique de la France.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Chosson.	Ing. ord. 2e cl. . .	Châlon, Div. nord-est et serv. sp.
Choulette	Ing. ord. 3e cl. .	Vesoul, Div. nord-est, serv. sp.
Cizancourt(Méniolle de) ✻	Ing. ord. 1re cl . .	(F. f. d'ing. en ch.) Alais, Div. sud-est.
Clérault	Ing. ord. 3e cl. . .	Carte géologique de la France.
Cléry (Hanet-) ✻. . .	Ing. ord. 1re cl .	Paris, Ch. de fer du Nord, — de Ceinture autour de Paris.
Coince.	Ing. ord. 2e cl. . .	*Cie des chemins de fer d'Orléans et prolongements.*
Combes (C ✻).	Insp. gén. 1re cl. .	Conseil général des Mines.—Direction de l'École des Mines.
Cornu.	Ing. ord. 3e cl. . .	École polytechnique.
Couche (O ✻).	Insp. gén. 2e cl. .	Réseau de Paris à la Méditerranée, etc.—École des Mines.
Cumenge ✻.	Ing. ord. 2e cl. .	*Congé illimité.*
D		
Daubrée (C ✻)	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU SUD-OUEST. — Cours à l'École des Mines.
Debette ✻.	Ing. ord. 1re cl.. .	Troyes, Div. nord-est.
Declerk ✻.	Ing. en chef 2e cl.	Valenciennes, div. nord-ouest.—Serv. sp. — Ch. de fer d'Anzin.
Delafond.	Ing. ord. 3e cl.. .	Privas, Div. sud-est.
Delaunay (O ✻). . . .	Ing. en chef 1re cl.	Cours à l'École polytechnique.
Delesse ✻.	Ing. en chef 2e cl.	Cours à l'École des Mines.
Demongeot.	Ing. ord. 3e cl..	*Congé.*
Descos (Coulard) ✻. .	Ing. ord. 1re cl. .	Paris, Div. nord-ouest.—Carrières de Paris.
Descottes ✻.	Ing. en chef 1re cl.	Machines à vapeur du dép. de la Seine.
Diday (O ✻).	Insp. gén. 2e cl. .	Paris. Chemin de fer du Nord, etc.
Dormoy ✻	Ing. ord. 1re cl. .	Tours, Div. du Centre.
Douvillé.	Ing. ord. 3e cl. . .	Secrét. du cons. gén. des Mines. — Carte géologique de la France.
Dubocq (O ✻).	Ing. en ch. 2e cl..	Strasbourg, Div. du nord-est.
Dubois.	Ing. ord. 1re cl. .	*Congé illimité.*
Duchanoy ✻.	Ing. ord. 1re cl. .	Paris, ch. de fer de l'Ouest.
Dupont ✻.	Ing. en chef 1re cl.	Cours à l'École des Mines.
Duporcq.	Ing. ord. 2e cl. . .	Metz, Div. nord-est.
Durand	Élève 3e cl.	École.
Du Souich (O ✻) . . .	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU NORD-OUEST.
F		
Flajolot. ✻.	Ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Bone.
François (O ✻). . . .	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU SUD-EST.
Freycinet (de) ✻. . .	Ing. ord. 1re cl. .	Serv. d'insp. du travail des enfants dans les manufactures.
Furiet ✻	Ing. en ch. 2e cl. .	Toulouse, Div. sud-ouest.
Fuchs ✻	Ing. ord. 2e cl. . .	Cours à l'École des Mines. — Carte géologique de la France.
G		
Genouillac (de) (Du Verdier-)	Ing. ord. 2e cl. .	Rouen, Div. nord-ouest, et serv. sp.

Noms des ingénieurs.	Grades.	Services.
Genreau.	Ing. ord. 3e cl. .	Pau, Division sud-ouest.
Gentil ❄	Ing. en ch. 1re cl .	Nantes, Div. centre.
Gonthier.	Ing. ord. 2e cl. .	Saint-Étienne, Div. centre.
Gouvenain (de) ❄. . .	Ing. ord. 1re cl. .	Moulins, Div. centre.—Ch. de fer d'Orléans et prolong.
Grüner (O ❄).	Insp. gén. 2e cl. .	Insp. et cours à l'École des Mines.
Guillebot de Nerville (O ❄).	Ing. en ch. 1re cl.	Bordeaux, Division sud-ouest.
H		
Harlé ❄.	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU NORD-EST.
Haton de la Goupillière ❄	Ing. ord. 1re cl. .	Cours prép. pour les asp. aux places d'élèves externes à l'École des M.—École pol.
Hennezel (de) ❄. . . .	Insp. gén. 1re cl.	Conseil gén. des Mines. — Conseil de l'École.
Henry.	élève 1re cl. . . .	École.
Heurteau.	élève 1re cl. . . .	École.
Houpeurt ❄.	Ing. ord. 2e cl. ..	*Compagnie des mines de la Loire.*
Huyot ❄.	Ing. ord. 2e cl. . .	*Comp. des chemins de fer du Midi.*
I		
Ichon.	Ing. ord. 3e cl. . .	Bourges, Div. du centre et serv. spécial.
J		
Jacquot (O ❄)	Ing. en chef 1re cl.	Paris, Div. n.-ouest.— Carrières de Paris.
Jausions.	Ing. ord. 1re cl..	Rodez, Div. sud-ouest. —serv. sp.
Jordan.	Ing. ord. 2e cl. . .	Paris, Div. nord-ouest; carr. de Paris.
Juge.	Ing. ord. 1re cl. .	Nice, Div. sud-est.
Julien.	Ing. ord. 1re cl.. .	Le Mans, Div. N.-O.—serv. spéc.
Jutier ❄.	Ing. ord. 1re cl . .	(F. f. d'ing. en chef) Châlon, div. Nord-Est, serv. spécial.
K		
Keller	Ing. ord. 2e cl. . .	Strasbourg, Div. N.-E.—Ch. de f. de l'Est.
L		
Lachat.	Ing. ord. 2e cl. . .	Avignon, Division sud-est.
Lamé-Fleury ❄. . . .	Ing. en chef 2e cl.	Secrét. du conseil gén. des Mines.
Lan ❄	Ing. ord. 1re cl. .	*Compagnie des forges de Commentry, etc.*
Langlois.	élève hors de c. .	École.
Lapparent (de).	Ing. ord. 2e cl. .	Carte géologique générale de la France.
Laur ❄.	Ing. ord. 1re cl. .	Mission.
Le Bleu ❄.	Ing. ord. 1re cl. .	Paris, chem. de fer de l'Est.
Lechâtelier (O ❄). . .	Ing. en ch. 1re cl.	Mission scientifique. — Comm. des valeurs de douanes.
Ledoux.	Ing. ord. 2e cl. . .	Alais, Div. sud-est. — École des maîtres ouvriers mineurs. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Noms des ingénieurs.	Grades.	Services.
Lefébure de Fourcy (Eugène) (O ✻). . .	insp. gén. 2ᵉ cl. .	DIVISION DU CENTRE.
Leseure ✻	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Rive-de-Gier, Div. centre. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
L'Espée (de)	ing. ord. 2ᵉ cl. .	*Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.*
Le Verrier.	élève 3ᵉ cl.	École.
Lévy.	ing. ord. 3ᵉ cl. . .	Paris, Div. du sud-ouest.
Liénard.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Amiens, Division nord-ouest.— Ch. de fer du Nord.
Linder ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	Bordeaux, Div. sud-ouest. — Ch. de fer du Midi — du Médoc.
Lorieux ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Nantes, Div. centre. — Ch. de fer d'Orléans et prolong.
Luuyt (Labrosse-) ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Lyon, Div. centre.—Ch. de fer de Paris à Lyon-Méditerranée.
M		
Mallard ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	École des mineurs de St-Étienne.
Marsilly ✻ *(de Commines de)*.	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	*Mines d'Anzin.*
Martelet ✻	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Paris.—Serv. des appareils à vapeur.
Massieu ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Rennes, Div. nord-ouest. — Ch. de fer de l'Ouest.
Matrot.	ing. ord. 3ᵉ cl. .	Lille, Div. nord-ouest.— Ch. de f. du Nord.
Meissonnier ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Marseille, Div. sud-est.
Meugy ✻	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Troyes, Division nord-est.
Meurgey.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Ecole des mineurs de St-Etienne.
Mœvus ✻	ing. en ch. 1ʳᵉ cl. .	Algérie, Constantine.
Moissenet ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Cours à l'École des Mines. Direction des laboratoires.— Commission des Annales des Mines.
Mussy	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Vic-Dessos, Div. sud-ouest.
N		
Nivoit.	ing. ord. 3ᵉ cl.. .	Mézières, Div. nord-est.—Ch. de f. de l'Est.
Noblemaire ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	*Cⁱᵉ des ch. de f. de Paris-Lyon-Médiler.* (Direct. des ch. de fer algériens.)
O		
Olry	élève 2ᵉ cl.. . . .	École.
Orsel ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Paris, ch. de fer d'Orléans et prol.
P		
Parran ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	*Cⁱᵉ des mines de fer magnét. en Algérie*
Perrin.	ing. ord. 3ᵉ cl. . .	Chambéry, Div. sud-est. — Ch. de fer Paris-Lyon-Méditerranée.
Peschart d'Ambly ✻. .	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Rodez, Div. sud-ouest et serv. spécial.
Peslin	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Tarbes, Div. sud-ouest.
Phillips ✻.	ing. en chef 2ᵉ cl.	Cours à l'Ecole des arts et manufactures. — École polytechnique.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Piérard (O ✱).	insp. gén. 1re cl. .	*Compagnie des ch. de fer de l'Ouest.*
Pigeon ✱.	ing. en chef 1re cl.	Clermont, Div. du Centre.
Potier.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.— Carte géol. de la France. — Cours à l'Ecole des Mines et à l'École polytech.
Pouyanne.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Tlemcen.
R		
Regnault (C ✱). . . .	ing. en ch. 1re cl.	Manuf. de Sèvres. — Service spécial. — École polytechnique.
Résal ✱.	ing. ord. 1re cl.. .	Besançon, Div. nord-est.
Rigaud.	élève hors de c.	École.
Rocard ✱.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Oran.
Roger ✱.	ing. en chef 2e cl.	Rouen, Div. du nord-ouest, serv. sp.
S		
Sauvage (C ✱). . . .	ing. en ch. 2e cl.	*Compagnie des chemins de fer de l'Est.*
Silhol	ing. ord. 3e cl. .	Limoges, Div. du Centre. — Ch. de fer des Charentes.
T		
Tissot	ing. ord. 2e cl. .	Algérie, Bathna.
Tournaire ✱.	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Étienne, Div. du Centre.
Trautmann ✱.	ing. en ch. 2e cl. .	Dijon, Div. nord-est.
V		
Vassart (Cte de) d'Hozier ✱.	ing. ord. 1re cl. .	Administrat. centrale. — Ch. de Paris-Lyon-Méditerranée.
Vatonne ✱.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Alger.
Vicaire.	ing. ord. 2e cl. . .	Saint-Étienne, École des mineurs.
Vieillard.	ing. ord. 2e cl.. .	Caen, Div. nord-ouest.—Ch. de f. de l'Ouest
Vieira.	élève hors de c.	École.
Ville (O ✱).	ing. en chef 1re cl.	Algérie, Alger.
Villié.	ing. ord. 2e cl. .	Dijon, Div. nord-est. — Serv. hyd. de la Côte-d'Or. — Ch. de fer de Paris Lyon-Méditerranée.
Villot.	ing. ord. 1re cl. .	Marseille, Div. sud-est. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
Vital.	élève 2e cl.	École.
Voisin (Armand). . . .	ing. ord. 3e cl. . .	Arras, Div. nord-ouest. — Service spécial.—Chemin de fer du Nord.
Voisin (Honoré). . . .	élève 3e cl.	École.
W		
Worms de Romilly.. .	ing. ord. 2e cl. . .	Paris, appareils à vapeur de la Seine.
Z		
Zeiller.	élève 1re cl. . . .	École.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE DES GARDES-MINES.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
A			
Albert.	1re cl.	Épinal. . . .	Vosges, serv. ord.
*Albin.	3e cl.	Avignon. . . .	Ch. de fer de la Méditerranée.
Arragon.	4e cl.	Bourges. . . .	Cher, serv. ordin.
*Auvergne.	5e cl.	Constantine. .	Algérie.
B			
Barbry.	3e cl.	Reims. . . .	Marne, serv. ord.
*Barnier.	3e cl.	»	*Congé illimité* (S.-O.).
Barrier.	5e cl.	Toulouse. . .	Haute-Garonne, serv. ordin.
*Bertrand de Lom. . .	3e cl.	»	*Congé illimité.*
*Blacher.	1re cl.	Paris.	Contrôle des chemins de fer de l'Est et embr.
*Blanpied.	1re cl.	»	*Congé illimité.*
Boitel.	2e cl.	Rouen. . . .	Seine-Inférieure, serv. ordin.
*Bonnaymé.	2e cl.	Mulhouse. . .	Haut-Rhin, serv. ordin.—Ch. de fer de l'Est.
*Bonvin (Ant.).	2e cl.	Paris.	Ch. de f. du Nord et ch. de Ceinture.
*Bonvin (Gust.).	3e cl.	Paris.	Ch. de f. de l'Est.
Bougarel.	2e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
Bourdon.	2e cl.	Grenoble. . .	Isère, serv. ordin. et ch. de fer du Dauphiné.
*Bouty.	3e cl.	Oran.	Algérie.
*Bouvier.	5e cl.	Rennes. . . .	Ille-et-Vilaine, ch. de f. de l'Ouest.
Brossette.	5e cl.	Gray.	Haute-Saône, serv. ordin.
*Burtaire.	5e cl.	Constantine. .	Algérie.
C			
Cadieu.	4e cl.	Rennes. . . .	Ille-et-Vilaine, serv. ordin.
Canaly.	1re cl.	Ajaccio. . . .	Corse, serv. ordin.
*Canelle.	3e cl.	»	*Congé illim.*—Dir. des mines d'Azincourt (Pas-de-Calais) (N.-O.).
*Carrey.	4e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
*Cazenave.	3e cl.	Bordeaux. . .	Gironde, serv. ordin. — Ch. de fer du Midi.
Chabat.	2e cl.	Paris.	Seine, machines à vapeur.
Chalot.	4e cl.	Luxeuil. . . .	Haute-Saône, serv. ord., s. spéc.
Chevallot.	3e cl.	Dijon.	Côte-d'Or, serv. ordin.
*Clère.	2e cl.	Paris.	Ch. de fer de Paris à Lyon par la Bourgogne.
*Cluny.	1re cl.	Paris.	Ch. de fer d'Orléans.
Cœuilte.	3e cl.	Arras.	Pas-de-Calais, serv. ord. — Ch. de fer du Nord.

Nota. L'astérisque indique les Gardes-Mines payés sur d'autres fonds que ceux du Personnel.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
*Cogniet.	2e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
*Collombat.	5e cl.	»	Sans destination (N.-E.).
*Costier..	3e cl.	Toulouse. . .	Ch. de fer du Midi.
*Cuvillier..	2e cl.	Paris.	Ch. de fer de l'Ouest.
D			
Delaissement.	3e cl.	Paris.	Service des appareils à vapeur.
*Devillers.	4e cl.	Oran.	Algérie.
*Doillon.	4e cl.	Dijon.	Côte-d'Or, ch. de fer de Paris à Lyon par la Bourgogne.
Dunkel.	2e cl.	Paris.	Service des appar. à vapeur.
*Durrbach.	1re cl.	Strasbourg. .	Bas-Rhin (*congé illimité*) (N.-E.).
E			
Espérandieu.	5e cl.	Aubin.. . . .	Aveyron, serv. ord.
*Estienvrot.	3e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.)
Étienne.	1re cl.	Metz.	Moselle, serv. ord.
F			
Fagot.	5e cl.	Paris. . . .	Carrière du départ. de la Seine.
Faugière ✻.	ppal.	Montluçon. .	Allier, serv. ordin. et ch. de fer d'Orléans et prolong.
Fontaine..	3e cl.	Limoges . . .	Haute-Vienne, serv. ord.
Fopp.	4e cl.	Angers. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Napoléon-Vendée aux Sables-d'Olonne.
Fornier.	2e cl.	Caen.	Calvados, serv. ord. — Ch. de fer de l'Ouest.
Foucault.	4e cl.	Charleville.	Ardennes, serv. ordin.
*Fragonard..	ppal.	Paris.	Ch. de f. du Nord et ch. de Ceinture.
Froissardey.	5e cl.	Chaumont . .	Haute-Marne, serv. ord.
G			
*Gabriel.	1re cl.	Longwy.. . .	Moselle, serv. ordin. et minières d'Aumetz.
Gardes..	4e cl.	St-Michel.. .	Savoie, serv. ordin.
*Garreau.	4e cl.	Alais.	École des maîtres ouv. mineurs.
Gayet.	2e cl.	Grenoble. . .	Isère, serv. ord.
Gérard..	2e cl.	Epernay.. . .	Marne, *disponibilité* (N.-E.).
*Gibert.	4e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Gilly..	4e cl.	la Tour du Pin	Isère, serv. ord. et serv. spéc.
Goddard..	4e cl.	Chambéry . .	Savoie, serv. ordin. et ch. de fer.
*Golemblowski.	1re cl.	»	*Congé illimité.*
*Grandière.	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Guèze.	4e cl.	Tours.	Indre-et-Loire, serv. ordin.— Ch. de fer d'Orléans.
*Guillet.	4e cl.	»	*Congé illimité* (N.-E.).

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
H			
Halipré.	3e cl.	Rouen.	Seine-Inférieure., serv. ord.
Heuret.	1re cl.	Chalon. . . .	Saône-et-Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Creot.
*Huguenin.	5e cl.	Tarbes. . . .	Hautes-Pyrén., ch. de fer du Midi.
*Huriaut.	5e cl.	»	*Congé illimité* (C.).
*Huvé.	2e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
J			
*Jedlinski.	ppal.	Paris.	Carte géol. de la France.
Jurkowski.	1re cl.	St-Quentin. .	Aisne, serv. ord.
Jusseraud..	ppal.	Brassac. . . .	Puy-de-Dôme, serv. ordin.
Jourdan.	3e cl.	Guéret. . . .	Creuse, s. ord. — Ch. de fer d'Orléans.
K			
*Kaiser.	3e cl.	Paris.	Ch. de fer de Paris à Lyon par Nevers.
Koss ✻.	ppal.	Saint-Étienne.	Loire, serv. ord.
L			
*Labeyrie (Léon).. . .	3e cl.	Paris.	Ch. de fer de l'Est et embr.
*Labeyrie (Adolphe). .	3e cl.	Epernay. . . .	Ch. de fer de l'Est et embr.
*Lacombe ✻.	2e cl.	»	*Congé illimité* (C.).
Lafont.	5e cl.	Valenciennes.	Nord, serv. ord. — Serv. sp. — Ch. de fer du Nord.
*Lantz.	4e cl.	»	*Congé illimité.*
*Laplanche.	ppal.	Paris.	Ch. de fer d'Orléans et prol.
*Larcade.	4e cl.	Bordeaux. . .	Gironde, ch. de fer du Midi et de Béziers.
Laurent.	ppal.	Paris.	Seine, machines à vapeur.
*Lavé.	3e cl.	Rive-de-Gier.	Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Paris à Lyon, par Nevers.
Lebas.	1re cl.	Colmar. . . .	Haut-Rhin, serv. ord.
*Lecomte.	5e cl.	Marseille. . .	Bouches-du-Rhône, serv. ord. — ch. de fer de Paris-Lyon-Médit.
Lefèvre.	5e cl.	Lille.	Nord, serv. ordin.
*Letenneur.	5e cl.	»	*Congé illimité.* (S.-E.)
*Lévy ✻.	1re cl.	Paris.	*Congé ill.*, mines de St-Arnold-l'Hôpital (Moselle) (N.-E.).
*Lussac.	4e cl.	Alger.	Algérie.
M			
*Magnon.	2e cl.	Alais.	Gard. École des maîtres-ouv. min.
*Maintenon.	4e cl.	»	*Congé illimité.* (S.-E.)
Maire.	3e cl.	Marseille. . .	Bouches-du-Rhône, serv. ordin.
Mairey..	4e cl.	St-Étienne . .	Loire, serv. ord.
Makowieckt.	ppal.	Meaux.. . . .	Seine-et-Marne, serv. ord.
Malplat.	5e cl.	Rive-de-Gier.	Loire. serv. ordin.
*Maniglier.	5e cl.	Sem.	Ariége, serv. ordin. et mines de Rancié.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
*Martin (Adrien). . . .	1re cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Martin (Alexandre). .	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
Martine.	2e cl.	Périgueux . .	Dordogne, serv ord. et ch. de fer d'Orléans et prol.
*Massin.	4e cl.	Clermont. . .	Puy-de-Dôme, serv. ord. et ch. de fer de Paris à Lyon par Nevers.
Mercanton.	2e cl.	»	Haute Savoie, *disponibil.* (S.-E.)
*Mercier.	3e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
Mermillod.	5e cl.	Annecy. . . .	Haute-Savoie, serv. ordin.
Miniscloux.	3e cl.	Paris.	Seine, serv. des machines à vap.
Mittre.	1re cl.	Alais.	Gard, serv. ord. et ch. de fer de Lyon à la Méditerranée.
Miziewicz.	1re cl.	Avignon . . .	Vaucluse, serv. ordin.
*Mœvus.	ppal.	Oran.	Algérie.
Munier.	3e cl.	Alais.	Gard, serv. ord.
N			
Nibourel.	3e cl.	Rouen. . . .	Seine-Inférieure, serv. ordin.
Noël.	2e cl.	Bordeaux. . .	Gironde, serv. ord.
O			
Ogier.	3e cl.	Lyon.	Rhône, serv. ordin. — Ch. de fer de la Croix-Rousse, etc.
Orlowski.	1re cl.	Mézières. . .	Ardennes, serv. ord. — Ch. de fer de l'Est.
P			
*Pagès.	4e cl.	»	*Congé illimité*, usines de Ria (Pyrénées-Orientales) (S.-O.).
Pénélon.	5e cl.	Le Mans. . .	Sarthe, serv. ord.
Pestelard.	1re cl.	Troyes. . . .	Aube, serv. ord.
*Pesez.	4e cl.	Alger.	Algérie.
*Picard.	5e cl.	»	*Congé illimité.*
*Pichart.	4e cl.	Oran	Algérie.
*Platon.	5e cl.	»	*Congé illimité.*
*Pomel.	2e cl.	Oran.	Algérie.
Pondruel.	5e cl.	Briançon. . .	Hautes-Alpes, serv. ordin.
Préchey.	5e cl.	Bourbonne-les-Bains. .	Haute-Marne, serv. ordin.
Précorbin (de).	5e cl.	»	Seine, serv. ordin.
R			
Raphanel.	2e cl.	Saint-Étienne.	Loire, serv. ord.
Repellin.	3e cl.	Saint-Étienne.	Ch. de f. de Paris à Lyon p. Nevers.
Rouët.	3e cl.	Montpellier. .	Hérault, serv. ordin.
Roullier.	1re cl.	Paris.	Ch. de fer de l'Ouest.
*Roy.	2e cl.	»	*Congé illimité.*

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
*Royer.	2e cl.	»	*Congé illimité* (C.).
*Rouzaud (Gaspard). .	4e cl.	»	*Congé illimité*, mines de la soc. métallurg. de l'Ariége (S.-O.).
Rouzaud (Calixte. . .	4e cl.	Arles-s-Tech.	Pyrénées-Orientales, serv. ord.
S			
Salzard.	4e cl.	Joinville. . .	Haute-Marne, serv. ordin.
*Sarran.	5e cl.	Lyon.	Rhône, serv. ordin. — Surv. des bateaux à vapeur. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Médit.
Savreux.	4e cl.	Amiens. . . .	Somme, serv. ord. — Ch. de fer du Nord.
Savy.	4e cl.	»	Nièvre, serv. ordin.
*Schmidt.	1re cl.	Strasbourg. .	Bas-Rhin, serv. ordin. et ch. de fer de l'Est et embr.
Simonin.	5e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
Soudan.	5e cl.	Le Creuzot. .	Saône-et-Loire, serv. ordin.—Ch. de fer du Creuzot.
*Soyez (Charles). . . .	2e cl.	Lille	Ch. de fer du Nord.
*Soyez (Victorin). . . .	4e cl.	Paris.	Ch. de fer du Nord.
T			
Thirion.	5e cl.	Bar-le-Duc. .	Meuse, serv. ordin.
Thomas (Alexandre).	2e cl.	Privas	Ardèche, serv. ord.—Ch. de fer du Nord.
Thomas (François). .	5e cl.	Albi	Tarn, serv. ord.
Thouvenin.	1re cl.	Paris.	Seine-et-Oise, serv. ord.
*Toulza.	2e cl.	Lyon.	Ch. de fer de Lyon à la Médit.
Tourneur.	5e cl.	Paris.	Seine, serv. des appareils à vapeur.
U			
Urbain.	2e cl.	Versailles. . .	Seine-et-Oise, serv. ord.
V			
*Vallet.	1re cl.	Paris.	Ch. de f. de Paris à Lyon par Dijon.
Vassal.	3e cl.	Besançon. . .	Doubs, serv. ord.
Vitoux.	2e cl.	Nancy.	Meurthe, serv. ord.
Vivien.	2e cl.	Nantes. . . .	Loire-Inf., serv. ord. et ch. de fer d'Orléans.
W			
*Weill.	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Wolski.	1re cl.	Nantes. . . .	Loire-Inférieure, ch. de fer d'Orléans et prolongem.
Y			
Yvart.	3e cl.	Rennes. . . .	Ille-et-Vilaine, serv. ordin.
Z			
*Zerling.	3e cl.	Paris.	Ch. de f. de Paris à Lyon par Dijon.

Inspecteurs généraux honoraires.

MM.

Michel Chevalier (G O ✻), Sénateur, *Membre de l'Académie des Sciences morales et politiques.*

Le Play (G O ✻), Sénateur.

INGÉNIEURS DE TOUT GRADE EN RETRAITE.

Noms.	Grades.	Noms.	Grades.
MM.		MM.	
Blavier (O ✻)	insp. général.	Levallois (C ✻)	insp. général.
Boudousquié (O ✻)	ing. en chef.	Manès ✻	ing. en chef.
Burdin ✻	ing. en chef.	Marrot (O ✻)	insp. général.
Drouot (O ✻)	ing. en chef.	Roussel-Galle ✻	ing en chef.
Elie de Beaumont (G O ✻)	insp. général.	Sagey	ingén. ordin.
Fournel (C ✻)	insp. général.	Thibaud (O ✻)	ing. en chef.
Gras ✻	ing. en chef.	Transon ✻	ing. en chef.
Lamé (O ✻)	ing. en ch. dir.	Vène (O ✻)	insp. général.
Lefebvre	ing. en chef.	Villeneuve (de) ✻	ing. en chef.

VEUVES D'INGÉNIEURS PENSIONNÉES.

Noms.	Grades des Maris.	Noms.	Grades des Maris.
Mesd.		*Mesd.*	
Allou	ing. en ch. dir.	Furgaud	ing. en chef.
Aubuisson (d')	ing. en chef.	Gabe	ing. en chef.
Baillet	ing. en chef.	Gallois (de)	ing. en chef.
Barrot	ingén. ordin	Garnier	insp. génér.
Bonnard (de)	inspect. génér.	Juncker	insp. génér.
Boucheporn (de)	ing. en chef.	Lorieux	insp. génér.
Champeaux-Saucy (de) . .	ing. en chef.	Moisson-Desroches	ing. en chef.
Cordier	inspect. génér.	Parrot	ingén. ordin.
Dufrénoy	inspect. gén.	Sentis	ing. en chef.
Ebelmen	ing. en chef.	Varin	ing. en chef.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

MARS 1870.

Décret du 12 *mars* 1870, *relatif à la concession des mines de houille de* GRIGUES *et de* LA TAUPE (Haute-Loire), *instituée par ordonnance du* 13 *septembre* 1820.

(EXTRAIT).

Art. 1er. — Est acceptée la renonciation des propriétaires de la concession des mines de houille de Grigues et de la Taupe, instituée par ordonnance du 13 septembre 1820, à la partie desdites mines comprise dans les limites ci-après définies :

Au sud-est, par une ligne droite KB, formant la dernière portion de celle qui, partant du point A, château de Lubière, passe par le hameau de Lugeac, point K du plan, et se termine en B, à la rive gauche de l'Allier, conformément aux prescriptions de l'ordonnance du 13 septembre 1820, qui a institué la concession de Grigues et de la Taupe;

Au nord-est, par la rive gauche de l'Allier, depuis le point précité B jusqu'au point *a*, où la même rive est coupée par la droite partant du point précité K et aboutissant à l'angle le plus à l'ouest des maisons du village de Vezezoux, point I du plan;

Enfin *au sud-est*, par une droite partant du point précité *a* et aboutissant au point de départ K;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix hectares (10h).

Art. 2. — Il est fait réunion à la concession de Grigues et de la Taupe des terrains houillers délimités comme il suit, conformément au plan annexé au présent décret, savoir :

A l'est, par la droite réunissant les points *a* et I ci-dessus définis ;

Au nord, par la droite partant du point précité I et aboutissant au point S, milieu de la droite qui joindrait l'extrémité *est* du village de Brassac, au point de rencontre du chemin de Brassac avec le ruisseau de la Leuge, point E du plan, ledit point S formant l'angle *nord-est* de la concession de Fondary, instituée par décret du 13 juin 1827 ;

A l'ouest, suivant la limite orientale STVE de la concession de Fondary, depuis le point S jusqu'au point E;

Au sud, par la partie ECNMLL'*a* de la limite *nord* de la concession de Grigues et de la Taupe, le point E étant à la rencontre du chemin de Brassac avec le ruisseau de la Leuge, le point C étant au confluent de ce ruisseau avec l'ancien lit de l'Allier; les points NML représentant l'ancien cours de l'Allier, tel qu'il est figuré sur le plan annexé à l'ordonnance précitée de 1820 et conformément au bornage exécuté en 1857; enfin la ligne courbe L'*a* étant la rive gauche actuelle de cette rivière, d'après le plan annexé au présent décret.

Lesdites limites comprenant une superficie de deux kilomètres quarrés, vingt-quatre hectares (2^{kq},24^{h}).

Art. 3. — En conséquence des dispositions contenues dans les deux articles qui précèdent, la concession de Grigues et de la Taupe est et demeure délimitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une droite partant de l'angle le plus à l'ouest des maisons du village de Vezezoux, point I du plan, et aboutissant au point S, angle nord-est de la concession de Fondary, lequel point se trouve au milieu de la droite réunissant l'extrémité *est* du village de Brassac avec le point où le chemin de Brassac à la Leuge coupe ce ruisseau ;

A l'ouest, par la limite orientale de la concession de Fondary, savoir : la ligne droite précitée, depuis son milieu S jusqu'au point T où elle coupe l'ancien bief du ruisseau la Leuge ; suivant cet ancien bief, depuis le point précité T jusqu'à sa rencontre avec le chemin de Brassac à la Leuge, point V du plan ; suivant ledit chemin, depuis le point précité V jusqu'à sa jonction avec la Leuge, point E du plan ; remontant le cours du ruisseau depuis le point précité E jusqu'à son intersection avec le chemin de Brassac à Brioude, point G du plan ; suivant ce chemin depuis le point précité G jusqu'à sa rencontre avec le chemin de Vergougheou à Lugeac, point D du plan ;

Au sud, par une droite partant du point précité D et aboutissant au château de Lubière, point A du plan;

A l'est, par deux lignes droites dont la première, partant du point précité A, aboutit sur la place de Lugeac au point K mentionné dans l'ordonnance de 1820 et dans le procès-verbal de bornage de 1857, la seconde partant du point précité K et aboutissant en I, point de départ.

Lesdites limites embrassant, sur le territoire de Brassac (Puy-de-Dôme), Sainte-Florine, Vergougheou, Auzon et Vezezoux (Haute-Loire), une étendue superficielle de cinq kilomètres quarrés, dix-huit hectares (5kq,18h).

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés, pour le terrain ajouté par le présent décret à la concession de Grigues et de la Taupe, à une redevance annuelle de 0f,25 par hectare.

Art. 5. — Il n'est dérogé en rien aux autres dispositions de l'ordonnance du 13 septembre 1820, lesquelles, ainsi que le cahier des charges annexé à cette ordonnance, sont rendus applicables à l'ensemble de la concession délimitée comme il est dit ci-dessus.

Art. 6. — La concession de Grigues et de la Taupe continuera à être placée, pour l'action administrative, dans les attributions du préfet de la Haute-Loire.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

MARS ET AVRIL 1870.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Établissements mettant en œuvre la laine et le coton.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 23 mars 1870.

Monsieur le Préfet, je n'ai pas encore reçu les documents statistiques relatifs aux établissements mettant en œuvre la laine ou le coton, dont mon prédécesseur a réclamé l'envoi par sa circulaire du 3 mars 1869.

Je viens vous prier, en conséquence, de vouloir bien prendre les mesures nécessaires pour que ces documents me soient adressés le plus promptement possible.

Je ne crois point, d'ailleurs, inutile, pour éviter toute erreur dans la transmission des pièces, de vous rappeler que tous les renseignements qui vous sont transmis par MM. les ingénieurs des mines au sujet des industries de la laine et du coton doivent m'être adressés directement et non point à M. le Ministre du commerce, comme ont cru devoir le faire quelques-uns de vos collègues, à la suite de la séparation en deux départements du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le conseiller d'État, secrétaire général,

G. DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE.

Service de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures et de la statistique industrielle.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 26 mars 1870.

Monsieur le Préfet, par suite d'un accord intervenu entre mon département et le département des finances, MM. les ingénieurs des mines chargés de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures auront à visiter, à ce point de vue, les établissements dépendant de l'administration des finances. Je vous prie, en conséquence, d'inviter MM. les ingénieurs des mines de votre département à comprendre ces établissements dans les tournées qu'ils comptent effectuer pendant l'exercice 1870. Les renseignements recueillis à cette occasion figureront dans les mêmes formules imprimées que j'ai eu l'honneur de vous adresser, avec ma circulaire du 28 février dernier. Il conviendra, d'ailleurs, de consacrer aux manufactures de l'État une mention particulière dans le rapport explicatif qui doit accompagner l'envoi des états statistiques.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'agriculture et du commerce,
LOUVET.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

A M. , Ingénieur des mines.

Paris, le 20 avril 1870.

Monsieur, j'aurais besoin en ce moment, pour la discussion du projet de loi relatif au travail des enfants dans les manufactures, mines et usines, d'avoir des renseignements aussi exacts que possible sur les points suivants :

1° Quel est, par département et par nature d'exploitation, le nombre des enfants employés aux travaux souterrains dans les mines, minières et carrières?

2° Comment ces enfants se répartissent-ils entre les trois catégories d'âge suivantes, savoir : enfants au-dessous de douze ans, enfants dont l'âge est compris entre douze et treize ans, enfants ayant plus de treize et moins de seize ans?

Je vous prie de m'adresser ces renseignements dans le plus bref délai possible; pour vous faciliter, d'ailleurs, le travail que vous aurez à faire, j'ai fait dresser des tableaux dont vous trouverez ci-joint le modèle et dont vous n'aurez qu'à remplir les colonnes.

Je vous remercie à l'avance de l'empressement que vous mettrez à répondre au désir que je viens d'exprimer.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le conseiller d'État, secrétaire général,
G. DE BOUREUILLE.

MINISTÈRE
DES
TRAVAUX PUBLICS.

MINES.

STATISTIQUE
de
l'industrie minérale.

DÉPARTEMENT
d

ENFANTS OCCUPÉS AUX TRAVAUX SOUTERRAINS
DANS
LES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES.

NATURE des exploitations.	NOMBRE DES ENFANTS occupés aux travaux souterrains			OBSERVATIONS.
	ayant moins de 12 ans.	ayant de 12 à 13 ans.	ayant plus de 13 et moins de 16 ans.	

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

MARS, AVRIL ET MAI 1870.

DÉCRETS.

30 *mars* 1870. — Sont nommés ingénieurs ordinaires de 3e classe, les élèves ingénieurs dont les noms suivent :

MM. Langlois (François-Marie-Nicolas),
Rigaud (Fernand),
Vieira (Gustave-Adolphe).

2 *mai* 1870. — M. Grüner, inspecteur général de 2e classe, est nommé inspecteur général de 1re classe.

M. Grüner conservera les fonctions de professeur dont il est chargé à l'École des mines.

2 *mai* 1870. — M. Dupont, ingénieur en chef de 1re classe, professeur à l'École des mines, est nommé inspecteur de cet établissement, en remplacement de M. Grüner.

M. Dupont conservera les fonctions de professeur dont il est actuellement chargé.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

21 *février* 1870. — M. Voisin (Armand), ingénieur ordinaire, chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Arras, sera attaché, en outre, comme son prédécesseur, au service du contrôle des chemins de fer du Nord.

26 *février* 1870. — M. Ichon, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Bourges, sera chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes et attaché au contrôle de l'exploitation du chemin de fer d'Anzin à Somain, en remplacement de M. Voisin, précédemment appelé au service du sous-arrondissement d'Arras.

10 *mars* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation de la section d'Aubréville à Verdun (ligne de Reims à Metz):

. . . .

Service des mines : M. Nivoit, ingénieur ordinaire, à Mézières.

19 *mars* 1870. — M. Mussy, ingénieur ordinaire, actuellement chargé, dans le département de l'Ariége, du service du sous-arrondissement minéralogique de Vic-Dessos, est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à passer au service de la société des forges de Châtillon et Commentry.

21 *mars* 1870. — M. Résal, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du sous-arrondissement minéralogique de Besançon, sera attaché, à la résidence de Paris, au contrôle de l'exploitation du chemin de fer de Paris à la Méditerranée, en remplacement de M. Jutier, précédemment appelé à d'autres fonctions.

28 *mars* 1870. — M. Douvillé, ingénieur ordinaire, maintenu jusqu'au 31 décembre prochain au service de la carte géologique détaillée, est également maintenu, pour l'année 1870, dans la position qu'il occupe près du conseil général des mines.

4 *avril* 1870. — Les élèves ingénieurs hors de concours dont les noms suivent, nommés par décret du 30 mars ingénieurs ordinaires de 3e classe, seront chargés du service des sous-arrondissements ci-après, savoir :

M. Langlois, de l'arrondissement de Besançon, en remplacement de M. Résal;

M. Rigaud, de l'arrondissement de Chaumont, en remplacement de M. Duporcq;

M. Vieira, de l'arrondissement de Vic-Dessos, en remplacement de M. Mussy.

14 *avril* 1870. — M. de Cizancourt, chargé des fonctions d'ingénieur en chef de l'arrondissement d'Alais, sera chargé, en outre, de l'intérim du service du sous-arrondissement de Montpellier.

28 *avril* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation du chemin de fer d'Hazebrouck à la frontière belge, vers Popéringhe :

. . . .

Service des mines : M. Matrot, ingénieur ordinaire, à Lille.

7 *mai* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation de la section du chemin de fer de Santenay à Étang, comprise entre Santenay et Épinac :

. . . .

Service des mines : M. Résal, ingénieur ordinaire, à Paris.

Décès.

M. Baudin, inspecteur général de 1re classe, décédé le 20 avril 1870.

M. Lamé, ingénieur en chef de 1re classe, décédé le 1er mai 1870.

L'ENQUÊTE OFFICIELLE

SUR

LA CONDITION DES OUVRIERS DANS LES MINES ET USINES DE BELGIQUE.

Par M. DEMONGEOT, ingénieur des mines.

Le gouvernement belge s'est ému des désordres qui, comme la grève de Seraing, atteignaient quelques-uns des grands centres industriels. Il a désiré, s'il était possible, en pénétrer et en apprécier toutes les causes; et, dans ce but, il a chargé les ingénieurs des mines de se concerter avec les industriels pour procéder à une enquête détaillée sur la condition des ouvriers dans les mines et dans les usines métallurgiques. L'idée du gouvernement fut accueillie par les exploitants avec froideur. En général, à moins qu'elle n'ait une situation désastreuse à révéler et à recommander à la sollicitude du législateur, l'industrie n'aime pas à laisser le pouvoir s'immiscer dans l'examen de ses intérêts; elle préfère attribuer, d'une façon péremptoire, les fléaux dont parfois elle souffre « aux excitations de fauteurs plus initiés aux menées révolutionnaires qu'à l'économie de ses travaux. (*) » En ce qui concerne notamment les relations si délicates de personnel, qui manifestent entre patrons et ouvriers tant de motifs d'opposition, elle répugne aux enquêtes administratives et même aux enquêtes parlementaires. Néanmoins, les premières impressions se calmèrent et, sauf dans l'arrondissement du centre de Hainaut, où les officiers des mines durent, sur le refus des industriels, fournir eux-mêmes tant bien que mal la réponse aux diverses questions du formulaire, les documents arrivèrent, recueillis avec de tels détails, que l'embarras est de les dépouiller et d'en mettre en lumière les faits constants, d'en tirer quelque conséquence générale. C'est ce que nous nous

(*) Lettre de divers industriels à l'ingénieur principal du Centre (Hainaut).

proposons de faire, dans ce résumé d'une publication qui a pour titre : *Résultats de l'enquête officielle ouverte par les officiers du corps des mines sur la condition des ouvriers dans les mines et et usines métallurgiques de Belgique, en exécution de la circulaire adressée, le 3 novembre 1868, par le ministre des travaux publics, aux ingénieurs en chef des mines.* — Bruxelles, 1869.

Le questionnaire envoyé par l'administration se résume dans les *en tête* de six tableaux relatifs à la population et aux salaires, aux maisons d'ouvriers, au régime alimentaire, à l'hygiène et aux soins médicaux, aux institutions de prévoyance, à l'état moral et à l'instruction. Une série distincte de ces six tableaux est remplie pour les mines de houille, les mines métalliques, les exploitations libres de minerai de fer et les usines métallurgiques.

Nous nous occuperons d'abord des mines et nous traiterons, en distinguant les diverses espèces de mines, mais en insistant principalement sur les houillères qui forment la catégorie la plus considérable, les questions portées au premier tableau et qui comprennent l'organisation du travail, le mode de rémunération des ouvriers, l'emploi des femmes et des enfants. Un second et dernier article sera relatif aux différents objets des cinq autres tableaux.

I. — Population ouvrière.

Nous avons résumé dans le tableau suivant les renseignements statistiques fournis par l'enquête sur le nombre, le sexe, l'âge des ouvriers, et la nature des travaux auxquels ils sont employés dans les houillères de Belgique. Ces résumés manquent, même pour chaque province, dans la publication officielle. Sans attacher une importance excessive aux totalisations et aux moyennes, tout en reconnaissant qu'elles ne forment pas la base nécessaire de toute critique et qu'il faut les mettre constamment en regard des résultats partiels les plus caractéristiques, sous peine d'envisager de parti pris une situation idéale, qui dissimule la réalité sous toutes ses faces et quelquefois l'altère complétement, nous pensons aussi que ces résultats généraux, interrogés avec prudence et contrôlés avec soin, ont d'ordinaire l'avantage de présenter un ensemble de données complexes, sous une forme plus saisissante et plus simple; nous croyons qu'ils suggèrent à première vue des inductions qu'on aurait peine à dégager d'un amas confus de documents isolés.

Tableau I. — *Répartition, eu égard au sexe, à l'âge et à la nature des travaux, du personnel des charbonnages de Belgique.*

	Femmes.			Totaux	Hommes.			Totaux	Ensemble.			Totaux
	Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans.	partiels.	Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans.	partiels.	Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans.	généraux.
Province de Hainaut.												
Travaux de la surface.	924	766	1.747	3.437	973	697	11.958	13.628	1.897	1.463	13.705	17.065
Travaux souterrains.	2.044	1.649	3.934	7.627	3.826	3.483	37.460	44.769	5.870	5.132	41.394	52.396
Totaux partiels.	2.968	2.415	5.618	11.064	4.799	4.180	49.418	58.397	7.767	6.595	55.099	69461
Province de Namur.												
Travaux de la surface.	39	51	147	237	27	34	350	411	66	85	497	648
Travaux souterrains.	3	12	32	47	130	246	1.371	1.747	133	258	1.403	1.794
Totaux partiels.	42	63	179	284	157	280	1.721	2.158	199	343	1.900	2.242
Province de Liége.												
Travaux de la surface.	243	224	1.025	1.492	218	131	2.553	2.902	461	315	3.578	4.394
Travaux souterrains.	98	143	765	1.006	629	1.142	13.476	15.217	727	1.285	14.241	16.253
Totaux partiels.	341	367	1.790	2498	847	1.273	16 029	18 149	1 168	1.640	17.819	20.647
Royaume de Belgique.												
Travaux de la surface.	1.206	1.041	2.919	5.166	1.218	862	14.861	16.941	2.424	1.903	17.780	22.107
Travaux souterrains.	2.145	1.804	4.731	8.680	4.585	4.871	52.307	61.763	6.730	6.675	57.038	70.443
Totaux généraux.	3.351	2.845	7.650	13.846	5.803	5.733	67.168	78.704	9.154	8,578	74.818	92.550

La publication des résultats de l'enquête belge n'est que la transcription textuelle des tableaux et rapports adressés au ministre par les ingénieurs. L'administration centrale s'est bornée à rédiger un questionnaire; elle a laissé aux ingénieurs principaux et en chef le choix des objets sur lesquels porteraient de préférence leurs observations et de la forme sous laquelle ils les présenteraient; puis elle a publié commentaires et documents, sans les coordonner ou, tout au moins, les résumer dans des tableaux récapitulatifs. De cette façon, on est parfois embarrassé de se former une opinion sur les points les plus intéressants, parce qu'on ne possède que des observations relatives aux conditions particulières de certaines localités, observations qu'il serait téméraire de généraliser, sans moyen de contrôle, et d'étendre à tout le pays. Nous procéderons avec prudence dans ce travail d'analyse, corrigeant les opinions les unes par les autres, relevant leur concordance, nous résignant parfois aussi à signaler des lacunes, des renseignements incomplets, des impressions quasi-personnelles, en un mot l'absence de conclusions générales.

II. — Distribution du travail.

Le questionnaire de l'enquête distingue nécessairement le travail à la surface et le travail du fond, le travail de jour et le travail de nuit. Les chiffres indiqués pour la durée des postes sont assez variables d'une exploitation à l'autre, dans une même région, parfois dans une même exploitation. Le travail souterrain, surtout pendant la nuit, présente les différences les plus sensibles; tout ce qu'on peut induire de ces tableaux, c'est que rarement la durée d'un poste dépasse treize heures et descend au-dessous de huit; mais, comme la distinction entre les diverses catégories d'ouvriers n'est pas faite, rien n'indique dans quelles conditions se produisent ces écarts.

La comparaison entre les tableaux relatifs aux diverses régions est plus instructive; il ressort de cet examen que, dans le Hainaut, la division de la journée en deux postes, de douze heures environ chacun, a définitivement prévalu, tandis que, dans le pays de Liége, c'est encore, pour les travaux de l'intérieur, la répartition des ouvriers en trois postes, de huit heures chacun, qui domine. La première a d'incontestables avantages; si elle impose à l'ouvrier une fatigue plus prolongée, elle lui laisse de plus longs intervalles de repos et fait coïncider plus régulièrement les deux périodes avec le retour du jour et de la nuit: « Tous les ouvriers consultés à cet

égard sont, du reste, unanimes pour déclarer que leur effet utile est toujours moindre la nuit que le jour. »

Aussi, dans les houillères qui ont adopté cette division en deux périodes, le travail du jour est-il de beaucoup le plus important:

« Il consiste : 1° à l'intérieur, dans l'arrachement, le transport et l'extraction du charbon ; 2° à la surface, dans la réception, le triage, la mise en place ou le chargement. Le travail de nuit ne consiste, à l'intérieur, que dans l'ouverture des galeries, le remblayage des tailles, les raccommodages et le transport des déblais et des bois ; à la surface, il est presque nul.

« A quelques exceptions près, ces deux périodes commencent à six heures du matin et à six heures du soir. Dans les travaux de la surface, les ouvriers alternent ; une semaine, ils sont de jour, et l'autre semaine, de nuit. Il ne peut pas en être ainsi pour les travaux souterrains qui varient de nature, à moins que l'ouvrier ne préfère travailler tantôt à la veine, tantôt à la pierre. » Mais « le nombre des personnes occupées est beaucoup moindre la nuit que le jour, et, en outre, le labeur est moins rude, notamment pour les femmes et les enfants, qui ne sont là que comme des aides utiles à des moments donnés. »

Quelques directeurs de charbonnages du bassin de Charleroi « paraissent entrer dans une voie de perfectionnement. Le lundi, la descente ne commence qu'à sept heures du matin ; on l'avance ensuite insensiblement chaque jour de la semaine, de manière que le travail soit fini de bonne heure le samedi soir et le dimanche matin. L'ouvrier éloigné a ainsi le temps d'arriver le lundi et de retourner le samedi dans sa famille. »

L'ingénieur principal de Charleroi, auquel nous empruntons ces détails, « aime mieux ce système que celui en vigueur dans certain bassin, et qui consiste à faire commencer le travail de deux à trois heures du matin. Une heure pareille, c'est chaque jour un dérangement dans la famille et dans le ménage, c'est un surcroît de dépense en feu et lumière, et, ce qui est pis encore, c'est une occasion de débauche et d'ivrognerie. Le dimanche, où l'ouvrier n'a guère pour plaisir que le cabaret, qu'arrive-t-il ? Il y reste plus longtemps et ne le quitte que pour aller changer de vêtements et se rendre à son ouvrage. Quel effet utile un homme dans cette situation, après une nuit sans sommeil, peut-il produire pendant la journée du lundi ? N'est-ce pas là une des nombreuses causes de l'infériorité de l'ouvrier borin comme producteur ? »

Dans le Borinage, en effet, le poste du matin descend habituellement vers quatre heures. Les ouvriers en taille descendent d'abord et sont suivis, à une heure de distance, par le personnel chargé de l'enlèvement des charbons abattus. La journée des premiers ne dure guère que dix ou onze heures, tandis que celle des autres atteint douze et quelquefois treize heures. De même, pour le poste

du soir, les *coupeurs de voie* descendent le plus souvent dans l'après-dîner, au retour des piqueurs. vers trois ou quatre heures de relevée, pour remonter entre dix heures et minuit, après un travail de huit heures et moins, tandis que les ouvriers de nuit, pour le transport des déblais, descendant vers cinq ou six heures du soir, ne sortent guère que le lendemain, à l'arrivée du poste de traînage de jour.

Pour les travaux préparatoires et extraordinaires, la durée des postes est habituellement de huit heures, comme dans le pays de Liége; ils se relèvent à six heures du matin, deux heures et dix heures du soir. Dans les travaux les plus difficiles, elle est réduite à six heures, quelquefois même à quatre.

A la surface, la régularité est plus grande; la durée du travail est toujours de douze heures, même pour le poste de nuit, qui ne comprend guère que les ouvriers strictement nécessaires au service des machines et les manœuvres de l'orifice du puits. A cet égard, l'ingénieur principal de l'arrondissement du couchant de Mons (Borinage) signale l'utilité d'une réduction pour quelques-uns d'entre eux :

« Le service des machines d'extraction,—dit-il,—est confié d'ordinaire aux soins d'un mécanicien pendant un laps de temps de douze heures consécutives. Cet ouvrier est loin de recevoir un salaire exorbitant, eu égard aux qualités qu'un pareil service réclame. Une journée de douze heures, dans une atmosphère souvent chaude et viciée, n'est-elle pas trop longue pour un ouvrier dont le travail demande, non un grand effort musculaire, mais une tension d'esprit continue, et dont la moindre distraction peut occasionner la mort des hommes qu'il remonte ou descend ?

« Les ouvriers d'atelier de cour ont des heures de repos fixées, pendant lesquelles ils peuvent prendre leurs repas.

« Les ouvriers dépendant du trait et les ouvriers de fond n'ont pas d'heures de repos déterminées. Ils se règlent d'après les retards, les temps d'arrêt du trait. Du reste, les mineurs font leur repas principal après leur journée, qui, pour beaucoup, finit à une heure peu reculée de l'après-dîner. Ceux qui ont un jardin, ou un petit coin de terre loué, peuvent ainsi y consacrer un peu de temps encore. »

Si la plupart des ouvriers ont une maison commode et un petit jardin, dont l'agrément les appelle et les retienne chez eux, l'attrait du cabaret est moins redoutable, et les descentes matinales, qui ménagent au mineur quelques heures de liberté dans la soirée, sont préférables. Mais, si les ouvriers manquent généralement de foyer, si le cabaret est leur rendez-vous ordinaire, les directeurs de quelques charbonnages de Charleroi ont pris le meilleur parti;

ils ne les renvoient qu'à la chute du jour et ne les rappellent qu'après un long sommeil, pour leur ôter la tentation de transformer une nuit trop courte en une soirée d'ivresse.

D'ailleurs, le domaine de l'ouvrier doit se réduire à un coin de terre; c'est l'intérêt de l'industrie minière que la culture soit une distraction et non pas une occupation. Les travaux de mines et les travaux agricoles s'accordent mal, bien que ceux-ci aient l'avantage de fixer la population ouvrière, trop nomade, en Belgique comme en France. Mais la culture, par l'irrégularité des soins qu'elle exige, impose à l'industrie, quand vient l'époque des semailles et des récoltes, des chômages désastreux, sans donner à l'ouvrier, en d'autres saisons, un supplément de travail appréciable. La réduction de la durée des postes à huit heures, en bouleversant l'économie des travaux souterrains, ne serait encore qu'un moyen bien imparfait de concilier tous les intérêts, dans les pays où le mineur cultive.

III. — Salaires.

Les résultats de l'enquête se réduisent, quant aux salaires, à des moyennes prises, pour chaque mine, sur des groupes d'ouvriers répartis suivant l'âge et le sexe, sans distinguer la nature de leurs occupations autrement qu'en travaux du jour et travaux du fond. Aussi la comparaison est-elle impossible entre les ouvriers habiles et les simples manœuvres. Nous devons donc rapprocher les chiffres à d'autres points de vue, les grouper par localité et voir si, dans toute l'étendue d'un bassin aussi régulier et aussi continu que celui de la Belgique, les salaires tendent vers une certaine uniformité. Il n'en est rien; le salaire des enfants varie du simple au double, ce qui s'explique par leur différence d'âge dans les diverses exploitations. Mais, en se bornant même aux ouvriers qui ont plus de seize ans, les différences ne sont guère moindres. Nous les avons mises en évidence dans un tableau spécial (n° II), auquel nous avons joint, pour tenir compte autant que possible de tous les termes de comparaison, les salaires moyens dans chacune des régions principales. Si l'on excepte les chiffres relatifs à la province de Namur, qui renferme moins de 3.000 ouvriers et où le taux des salaires est moindre que partout ailleurs, on voit que les moyennes, d'un centre à l'autre, ne varient que de 25 à 40 centimes, environ un dixième de leur valeur. Nous retrouvons donc là une sorte d'uniformité qui faisait défaut dans les termes extrêmes, bien que nous ayons systématiquement écarté les

divergences excessives, qui nous paraissaient tenir à des circonstances toutes particulières et concerner un trop petit nombre d'individus.

Nous venons de signaler l'abaissement relatif des salaires dans la province de Namur, où l'industrie minière est moins active et la concurrence moins proche que dans les autres. Une différence plus faible apparaît, dans le même sens, et peut s'expliquer par les mêmes motifs, entre la province de Liége, qui compte 20.000 ouvriers, et celle du Hainaut, qui en renferme 70.000. Elle ressort nettement du tableau comparatif (n° III), que nous avons dressé pour les ouvriers de tout âge et de tout sexe. Ce rapprochement est, d'ailleurs, le seul qui donne lieu à des résultats concordants. Ainsi on voit qu'en Hainaut, l'élévation relative du salaire des hommes, dans la région du centre, est compensée par l'infériorité relative du salaire des femmes et des enfants. Il est difficile d'apercevoir la raison de ces écarts discordants.

Le mode de rémunération à la tâche ou à l'entreprise est celui qui stimule le plus l'activité de l'ouvrier. Aussi est-il appliqué à tous les travaux qui peuvent y être soumis. Mais, outre que la production n'est pas toujours facile à évaluer d'une manière simple, il ne faut pas s'étonner que l'ouvrier résiste à l'extension progressive d'un système dont il réclame, en d'autres pays, la suppression complète. En général, les ouvriers à la veine, les coupeurs de voie et autres ouvriers à la pierre, les traîneurs et leurs associés sont payés « soit au mètre quarré, soit au mètre d'avancement, soit au nombre de chariots traînés. » Le relevé des chiffres portés au tableau d'enquête montre que, dans les houillères, la proportion des tâcherons varie de 40 à 50 p. 100.

L'ouvrier étant payé d'après la quantité de travail qu'il fournit, l'industriel n'a qu'un faible intérêt à stimuler son activité par l'appât d'une gratification. De là le peu de succès du système des primes, que le gouvernement belge recommandait à l'attention des ingénieurs et des exploitants :

« Il ne faut pas se dissimuler, d'ailleurs,—dit l'ingénieur en chef de Liége,—que, dans certains cas, sa mise en pratique donnerait lieu à de sérieuses difficultés. Il est déjà arrivé qu'après l'avoir essayé, on a dû y renoncer. En tout état de choses, l'on ne peut espérer le voir se généraliser, parce que, parmi les travaux industriels, il en est qui ne réclament que de la force musculaire, et que, pour beaucoup d'autres, il serait impossible d'établir une base pour l'appréciation du service rendu ou du tort causé à l'industriel, selon l'intelligence, les soins ou la négligence que l'ouvrier peut mettre à les exécuter.

« Ce mode de rémunération ne doit pas, du reste, être considéré comme

offrant par lui-même un moyen suffisant pour atteindre le but qu'on se propose : celui d'encourager l'ouvrier au travail, en lui donnant la possibilité de gagner davantage, et d'exciter ainsi chez lui une activité soutenue qui lui ouvrira le chemin de l'épargne. L'expérience démontre que l'appât d'un salaire élevé ne suffit pas pour augmenter le zèle de l'ouvrier; loin de là, il est bien établi que généralement c'est lorsqu'il gagne le plus qu'il travaille le moins. »

Le pays de Liége est cependant celui où les primes ont été essayées volontiers et conservées dans un assez grand nombre d'exploitations. Dans le Hainaut, où l'expérience n'est tentée que dans des circonstances exceptionnelles, le langage des ingénieurs est encore plus décisif :

« Le système du travail avec prime,—dit l'ingénieur principal du couchant de Mons, — n'est pas appliqué au Borinage, si ce n'est temporairement et dans quelques cas particuliers. Les exploitants consultés répondent à peu près unanimement que les conditions trop variables du travail, dans des veines aussi dérangées que celles du couchant de Mons, n'en permettent pas l'application. Le travail à la tâche, qui en tient lieu suffisamment, présente déjà un certain caractère aléatoire, et les oscillations du montant de la journée, qui se produisent dans les quinzaines successives chez un même ouvrier à la veine, résultent souvent d'un changement dans la difficulté du travail, et non toujours d'une diminution d'activité chez l'ouvrier. Le travail dans les mines est, du reste, tellement enchaîné, les ouvriers dépendent à tel point les uns des autres, que je ne vois pas trop quel serait le résultat de l'application des primes dans certains services, tels que le traînage, sauf peut-être la terminaison plus rapide de la journée, ce à quoi l'ouvrier n'a guère besoin d'être stimulé.

« L'ouvrier mineur est, du reste, tellement défiant, qu'il craint de voir réduire le prix du travail à la tâche, s'il montre qu'il peut produire davantage. L'absence de primes n'empêche pas que, dans les mines comme ailleurs, le travail soutenu ne reçoive sa récompense. Dans les moments de ralentissement de l'exploitation, l'ouvrier laborieux, attaché au charbonnage, sera conservé plutôt que ses compagnons nomades. En tout temps, il lui sera fait des avantages qui, sans se traduire en augmentation de salaire, n'en seront pas moins réels. »

Ces extraits de rapports sont le résumé des objections que la plupart des industriels adressent au système qui leur est recommandé, insistant tantôt sur un point, tantôt sur l'autre. En somme, ils le jugent inutile, attendu que le payement à la tâche est le meilleur des systèmes de primes, difficile dans l'application, à cause de la variété des conditions du travail, dangereux et décevant dans ses résultats pour l'ouvrier, qui proteste contre les inégalités et cherche à dissimuler les avantages. La défiance et surtout la jalousie sont telles qu'en divers lieux, tous les ouvriers se partageaient la prime.

Tableau II. — *Taux maximum, minimum ou moyen des salaires du personnel adulte des houillères de Belgique.*

DISTRICTS HOUILLERS ou provinces.	FEMMES.						HOMMES.					
	Travaux de la surface.			Travaux souterrains.			Travaux de la surface.			Travaux souterrains.		
	maximum	minimum	moyenne.	maximum	minimum	moyenne.	maximum	minimum	moyenne.	maximum	minimum	moyenne.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Arrondissement du Borinage.	1,60	1,10	1,30	2,60	1,80	2,10	2,85	1,90	2,55	3,50	2,80	3,25
Id. de Charleroi.	1,75	1,20	1,50	2,25	1,70	1,95	2,95	2,25	2,55	4,30	2,70	3,45
Id. du centre du Hainaut.	1,80	1,00	1,40	2,25	1,55	1,95	3,10	2,20	2,65	4,55	3,10	3,60
Province de Hainaut.	1,80	1,00	1,40	2,60	1,55	1,90	3,10	1,90	2,55	4,55	2,70	3,40
Id. de Namur.	1,45	1,20	1,35	1,95	1,60	1,70	2,50	2,00	2,35	3,40	2,75	3,00
Id. de Liége.	1,60	1,00	1,25	2,40	1,40	1,80	3,15	2,00	2,40	4,50	2,25	3,20
Royaume de Belgique. . . .	1,80	1,00	1,35	2,40	1,40	1,90	3,15	1,90	2,50	4,55	2,25	3,35

TABLEAU III. — *Taux moyen des salaires des ouvriers de tout âge et de tout sexe employés dans les charbonnages des provinces de Hainaut et de Liége.*

DISTRICTS HOUILLERS ou provinces.	FEMMES						HOMMES					
	Travaux de la surface :			Travaux souterrains :			Travaux de la surface :			Travaux souterrains :		
	au-dessous de 14 ans.	de 14 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.	au-dessous de 14 ans	de 14 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.	au-dessous de 14 ans.	de 14 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.	au-dessous de 14 ans.	de 14 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Arrondissement du Borinage.	0,85	1,10	1,30	1,10	1,45	2,10	0,95	1,35	2,55	1,15	1,75	3,25
— de Charleroi.	0,85	1,15	1,50	1,20	1,55	1,65	0,95	1,35	2,55	1,25	1,65	3,45
— du Centre. . .	0,70	1,00	1,40	1,10	1,45	1,95	0,85	1,30	2,65	1,35	1,80	3,60
Province de Hainaut.	0,80	1,10	1,40	1,10	1,50	1,90	0,90	1,35	2,55	1,20	1,70	3,40
— de Liége.	0,75	0,95	1,25	1,10	1,45	1,80	0,85	1,20	2,40	1,20	1,60	3,20

Voyons cependant dans quel but et pour quels travaux les primes pourraient être utilement proposées. Elles accélèrent la marche des travaux préparatoires, de l'achèvement desquels dépend l'ouverture d'un champ d'exploitation. La plupart des travaux à la pierre sont dans ce cas; il y a profit à les conduire rapidement. Aussi un assez grand nombre d'exploitants du pays de Liége ont-ils pris le parti, que d'autres industriels s'accordent à reconnaître comme très-praticable et probablement avantageux, d'accorder une prime par chaque mètre d'avancement, en sus d'un minimum fixé pour la quinzaine. Le même système est suivi dans certains bassins de France. Il n'est cependant pas exempt de quelques-uns des inconvénients qu'en présenterait l'application aux travaux à la veine.

Dans ce cas, malgré l'opinion contraire de plusieurs exploitants, qui supposent que le montant de la prime pourrait être réglé d'après l'importance de l'extraction, il est certain qu'elle viendrait simplement s'ajouter au bénéfice résultant déjà, pour l'ouvrier, de la rémunération à la tâche, et qu'en exagérant le vice de ce mode de rémunération, elle donnerait à craindre « le gaspillage des gisements; en surexcitant outre mesure l'activité de l'ouvrier, on compromet la bonne exécution du travail, la qualité des produits et la sécurité même de l'ouvrier. » Ce sont les propres paroles de quelques directeurs d'exploitation; on n'en peut méconnaître la justesse.

Ajoutons que ce système, dans les charbonnages où il a été essayé, « aboutissait à de grandes inégalités de salaires par des causes indépendantes de la volonté de l'ouvrier, et résidant soit dans le havage, soit dans la dureté de la veine, etc. »

Aussi a-t-il été abandonné « comme mesure générale. On l'a cependant conservé sur les points où le travail est régulier. » Alors il peut rendre des services dans des moments de presse, de facile écoulement ou d'accidents inattendus, qui laissent l'exploitant embarrassé de satisfaire à des engagements pris.

Mais, en général, ce n'est point sur la quantité du produit que doit porter la prime, c'est sur la qualité, la proportion de *gros*, la propreté du charbon, la régularité du boisage. C'est ainsi que, non-seulement à Liége, mais même dans deux ou trois charbonnages du Hainault, on a établi un système de primes pour le rendement en *gaillettes* :

« Ce système est bon,—dit l'ingénieur principal du centre de cette province; —mais il offre malheureusement» (et cette critique, pouvons-nous ajouter, con-

cerne aussi bien le travail à la pierre que le travail à la veine) « une difficulté d'appréciation et d'application excessive. Il peut arriver à rémunérer une perfection de travail qui ne dépend pas de la volonté de l'ouvrier et à favoriser ainsi, quoique involontairement, une partie du personnel; dans ce cas, la partie non favorisée n'accepte pas l'inégalité de rémunération et abandonne le charbonnage, pour peu que celle-ci continue. Ce système ne doit être appliqué que dans certaines circonstances et avec des ménagements qui dépendent des diverses conditions de la mine. »

D'autres systèmes sont proposés comme praticables, par divers exploitants, pour encourager le zèle des ouvriers à la journée. — C'est ainsi qu'une exploitation accorde, par quinzaine, aux plus méritants une prime ou plutôt une gratification équivalente à leur salaire quotidien; — ou bien la diligence des surveillants, maîtres mineurs et chefs de poste; ou encore l'assiduité, en récompensant par une prime le travail du lundi et des lendemains de quinzaine. Cette dernière application est, sans contredit, une des meilleures, parce qu'elle atteint directement une cause morale de désordre. Nous ne pouvons mieux faire que de rapporter textuellement les propositions de l'ingénieur des mines de Charleroi :

« Le système des primes est peu répandu;... suivant plusieurs industriels, l'introduction en serait plutôt préjudiciable qu'avantageuse. Je ne suis pas tout à fait de cet avis: un système de primes, bien entendu et bien appliqué, pourrait rendre des services à l'ouvrier, en même temps qu'à l'industriel.

« L'ouvrier charbonnier est, de sa nature, très-nomade : sans motif aucun, il quitte une exploitation pour se rendre dans une autre. Le grand nombre reste à peine trois ou quatre mois au même établissement. Ces déplacements continuels constituent une perte réelle » de temps et de salaire pour l'ouvrier.....

« D'un autre côté, ces changements réitérés, quand ils ne sont pas la cause d'une interruption, jettent toujours de la perturbation dans l'organisation du travail. Il faut souvent plusieurs jours avant que celui qui en remplace un autre soit au courant de la besogne. De ce fait, on peut dire que la perte subie est certainement plus grande pour l'industrie que pour la classe ouvrière.

« Pour apporter un remède à cet état de choses, je voudrais voir instituer des primes basées sur la durée du service, c'est-à-dire qu'après un nombre déterminé d'années de service au même établissement, le bon ouvrier recevrait soit un surcroît de salaire, soit une rémunération annuelle, par exemple un livret de caisse d'épargne. Ces primes pourraient être augmentées après une certaine période.

« Ce système serait lent, il est vrai, et ses effets ne seraient appréciés que dans un temps assez éloigné ; mais, bien compris, il aurait l'avantage de rendre les bons ouvriers moins nomades et de former, à chaque établissement, un noyau d'hommes plus attachés et plus dévoués à sa prospérité. On ne ferait, du reste, en agissant de la sorte, que ce qui se pratique généralement à l'égard

des employés de bureaux et autres, dont les appointements sont augmentés d'une manière progressive.

« Ces primes pourraient aussi être appliquées à l'instruction de l'ouvrier ou à celle de ses enfants. Je ne puis m'empêcher de citer l'exemple posé par M. Warocqué, administrateur des charbonnages de Mariemont et de Bascoup, qui a établi une prime de ce genre pour ses ouvriers ou porions fréquentant l'école de porions de Charleroi. Outre certains frais de déplacement, il accorde 100 francs à celui qui obtient le brevet de capacité avec grande distinction, 75 francs pour la distinction et 50 francs pour la manière satisfaisante. Jusqu'à présent, il a déjà été distribué deux primes de 75 et quatre de 50 francs.

« J'espère pouvoir obtenir d'autres sociétés qu'elles entrent également dans cette voie; c'est cependant difficile, par la raison que l'ouvrier ne reste pas longtemps au même charbonnage et qu'il n'est pas considéré comme appartenant à un charbonnage plutôt qu'à un autre.

« On pourrait peut-être intéresser l'ouvrier dans les bénéfices; mais c'est là une question épineuse et trop difficile à résoudre. »

Nous n'essayerons pas nous-même de la traiter, bien qu'elle soit à la mode; nous racontons, nous n'imaginons pas. Les théories générales sortiraient du cadre que nous devons adopter dans ce recueil.

IV. — Mines métalliques.

Il reste peu de chose à ajouter aux observations qui précèdent pour les étendre aux mines métalliques. Elles sont toutes situées dans les provinces de Namur et de Liége; une seulement existe dans la province de Luxembourg. Nous avons fait le relevé du personnel employé dans ces mines; comme le montre le tableau récapitulatif n° IV, ce personnel dépasse le chiffre de 4.000 ouvriers; plus de moitié travaillent à la surface, où les ateliers de préparation mécanique sont très-développés pour les minerais de zinc et de plomb. Il n'y a pas de femmes à l'intérieur et le nombre des enfants est très-restreint.

La durée du travail est régulièrement de douze heures à la surface. A l'intérieur, une partie des exploitations conserve la répartition des mineurs en trois postes, de huit heures chacun.

Le salaire des hommes faits varie de 2 francs à 2f,50 dans la province de Namur, soit pour les travaux de la surface, soit pour les travaux souterrains. Dans la province de Liége, il est quelquefois plus élevé ; il atteint et dépasse 3 francs à l'intérieur; on peut admettre une moyenne de 2f,10 pour la première catégorie d'ouvriers, et de 2f,70 pour la seconde.

TABLEAU IV. — *Répartition, eu égard au sexe, à l'âge et à la nature des travaux, du personnel des mines métalliques de Belgique.*

		FEMMES.		HOMMES.		ENSEMBLE.		
Travaux de la surface.	au-dessous de 14 ans.	35	550	82	1.804	117	2.354	4.302
	de 14 à 16 ans. . . .	81		169		250		
	au-dessus de 16 ans.	434		1.553		1.987		
Travaux souterrains.	au-dessous de 14 ans.	»	»	7	1.948	7	1.948	
	de 14 à 16 ans. . . .	»		73		73		
	au-dessus de 16 ans.	»		1.868		1.868		
Travaux de la surface ou du fond.	au-dessous de 14 ans.	35	550	89	3.752	124	. . . .	4.302
	de 14 à 16 ans. . . .	81		242		323		
	au-dessus de 16 ans.	434		3.421		3.855		

Les travaux de la préparation mécanique procurent aux enfants un salaire de 70 à 80 centimes, et aux femmes un salaire de 1 franc.

Le travail à la tâche est aussi répandu que dans les houillères; et le système des primes paraît même obtenir faveur. C'est surtout pour la préparation mécanique que ce double mode de rémunération donne de bons résultats; à l'intérieur des mines, l'irrégularité, les variations continuelles de puissance ou de richesse des filons entraînent des difficultés d'appréciation souvent insurmontables. Quelquefois l'irrégularité de la teneur du minerai nécessite, même dans les ateliers de préparation mécanique, le retour au travail des ouvriers à la journée; mais, en marche normale, le payement à la tâche est la règle. Une prime est en outre allouée, qui dépend de la quantité obtenue et du degré d'enrichissement du minerai. Nous reproduisons textuellement la déposition des exploitants du Bleyberg :

« Une somme de 300 francs est allouée, à titre de rémunération extraordinaire, à ce personnel, lorsque le coût de préparation de 1.000 kilogrammes de matières finies ne dépasse pas 13 francs, et que le prix de revient total de la tonne, y compris les frais d'exploitation e' d'exhaure, ne va pas au delà de 90 francs. Lorsque la production mensuelle n'atteint pas 700 tonnes, il n'y a pas de prime. Pour chaque quantité de 20 tonnes produites mensuellement au delà de ce chiffre, comme pour chaque diminution de 1 franc sur la limite inférieure ci-dessus fixée pour le coût de la préparation, ou de 5 francs sur celle du prix de revient total indiqué plus haut, la prime globale de 300 francs est majorée de 50 francs. »

Le système des primes s'étend peu à peu à d'autres opérations; c'est un moyen de tenir compte aux machinistes et aux pompiers de l'économie mensuelle d'huile, de graisse, d'étoupes, de cuir et,

en général, de reconnaître l'économie réalisée par l'ouvrier sur les matières premières qu'il emploie dans son travail, notamment sur le combustible.

A la Vieille-Montagne, les primes sont d'une application générale; elles sont évaluées pour les mineurs d'après « le chiffre de l'avancement. » Mais une partie de la prime est réservée pour former une masse, dont l'ouvrier a la propriété sans en avoir l'entière disposition. L'ingénieur en chef de Liége, qui doute de l'efficacité des primes comme mesure générale, approuve néanmoins cette institution :

« Appliqué, — dit-il, — comme il l'est dans les établissements de la Vieille Montagne, ce système peut, jusqu'à un certain point, réaliser de bons effets, parce que la retenue d'une partie des primes diminue précisément le salaire que perçoit régulièrement l'ouvrier, et le met, à un moment donné, à la tête d'un petit capital qui lui facilite l'acquisition de choses utiles et peut même faire naître en lui le goût de l'épargne en lui faisant éprouver la jouissance de posséder. C'est dans cette retenue que réside, selon moi, la véritable utilité de l'institution de la Vieille-Montagne. Si la prime en facilite l'application, parce qu'elle constitue une partie toujours plus ou moins aléatoire du salaire, elle n'est pas cependant, à cet égard, une condition essentielle; aussi je crois que la mesure pourrait très-bien être généralisée, en soumettant, dans tous les cas, l'ouvrier à former un fonds spécial, que l'on distribuerait à une époque déterminée de l'année, au commencement de l'hiver préférablement, en raison du zèle que chacun aurait montré. »

Nous manquons de documents pour établir l'état du personnel des exploitations libres de minerai de fer. La durée du travail à la surface est toujours de douze, quelquefois de treize heures. Il en est de même du travail souterrain, quand il a lieu seulement de *jour*; mais lorsqu'il se prolonge indifféremment pendant le jour et la nuit, la durée en est réduite à dix, quelquefois neuf et même huit heures.

Ces exploitations occupent, en général, peu d'enfants et presque pas de femmes; le salaire des jeunes gens y varie de 1f,25 à 1f,75; celui des hommes faits de 2 francs à 2f,75. Quelques-unes récompensent, par l'octroi d'une prime, le travail accompli en sus d'un minimum déterminé; mais c'est exceptionnel.

V. — Travail des femmes.

Les femmes sont employées, dans toute la Belgique, aux travaux des houillères; c'est un fait normal; les exploitations qui se passent

de leur concours n'occupent, en général, qu'une vingtaine d'ouvriers, souvent moins. Il n'y a que trois exemples de charbonnages plus considérables dont la direction observe aujourd'hui la même réserve : deux dans la province de Liége, aux limites du bassin houiller, et un seul dans la province de Hainaut, la plus riche en charbon, celui de Bernissart, dont l'importance est relativement médiocre (quoiqu'il compte 400 ouvriers), dans une contrée où trente exploitations en emploient plus de 1 000, parmi lesquelles huit dépassent 2 000 et une (celle des *Produits de Jemmapes*) atteint un personnel de 4 300 !

Les femmes fréquentent également, et même en plus grand nombre, les exploitations de mines métalliques ; mais elles n'y sont employées qu'aux travaux du jour. Les ateliers de préparation mécanique de la Nouvelle-Montagne occupent autant de femmes que d'hommes. Elles sont rarement admises dans les exploitations libres de minerai de fer.

La proportion du nombre des femmes, dans le personnel des charbonnages de Belgique, est de 15 p. 100 environ (13,846 sur 92,550). Dans le Hainaut, qui compte à lui seul 69,000 ouvriers, elle atteint presque 15 p. 100. En revanche, elle descend dans la province de Namur, qui ne renferme, il est vrai, que 2 000 mineurs, à 11 1/2 p. 100, et, dans celle de Liége, qui en compte plus de 20 000, elle ne dépasse pas 12 p. 100.

Ces différences s'accentuent davantage, lorsqu'au lieu de prendre le rapport sur la totalité des ouvriers, on recherche spécialement la proportion du nombre des femmes employées aux travaux souterrains. Elle s'élève à 17 p. 100 dans la province de Hainaut, tandis qu'elle descend à 6 p. 100 dans celle de Liége et au-dessous de 3 p. 100 dans celle de Namur.

On s'explique, en comparant ces chiffres, que les ingénieurs des diverses localités n'abordent pas avec la même hésitation le problème de la suppression totale de l'emploi des femmes à l'intérieur des mines. L'ingénieur en chef directeur des mines de Liége ne considère pas ce problème comme « insoluble pour cette province, où la grande diversité des industries offre aux femmes de nombreux moyens de s'occuper de travaux mieux appropriés à leur sexe. »

Un ingénieur en chef de Mons pensait, au contraire, malgré le souvenir qu'il a laissé dans la province de Hainaut, par de nombreux services rendus à l'industrie et à la classe ouvrière, qu'une pareille mesure « priverait injustement un grand nombre de familles

de leurs moyens d'existence et causerait un préjudice considérable aux propriétaires d'exploitation. »

« Il ne faut pas perdre de vue, en effet, — dit l'ingénieur principal actuel de Mons, — que l'exploitation des mines demande un concours de bras considérable, et conséquemment la présence dans les environs des charbonnages, d'un grand nombre de familles ouvrières, nombre qui devra s'accroître encore, si l'on interdit aux femmes le travail souterrain. Par cela même, nous aurons, à côté de la nombreuse population ouvrière masculine, un nombre de femmes correspondant, dont l'emploi sera d'autant plus difficile que l'exploitation des mines est, en définitive, la seule grande industrie du Borinage. »

Ces raisons sont graves; elles frapperont vivement les hommes aux prises avec les difficultés pratiques de l'industrie, qui ne sauraient mettre en balance une intention généreuse ou une maxime d'humanité avec le danger de compromettre, par un acte irréfléchi de bienfaisance autoritaire, les moyens d'existence d'une partie de la population ouvrière. Ce n'est pas l'appât d'un fort salaire qui porte les femmes à solliciter l'entrée des mines, dont le séjour doit évidemment leur paraître peu attrayant. Un fait important et général en Belgique, ressort, à cet égard, de la statistique : c'est la décroissance rapide du nombre proportionnel des femmes, à mesure qu'elles avancent en âge. Au-dessous de 16 ans, il y a, à la surface, un peu plus de filles que de garçons; dans les travaux du fond, le nombre des filles est à peu près la moitié de celui des garçons; au-dessus de 16 ans, le rapport tombe à un cinquième environ d'une part, à un dixième de l'autre :

« Il est excessivement rare, — disait feu l'ingénieur en chef Gonot, qui fait autorité en Belgique et dont nous avons rapporté l'opinion plus haut, — de voir travailler les femmes mariées, non-seulement dans l'intérieur des mines, mais même à la surface; aussi sont-elles presque toutes âgées de moins de 24 ans. La seule raison que l'on puisse donner de ce fait, c'est que l'état de grossesse, d'abord, et ensuite les soins assidus et multipliés que réclament les enfants en bas âge ne permettent plus aux femmes de se livrer à des occupations pénibles, continues et qui les éloigneraient chaque jour, pendant dix à douze heures, de leurs ménages. Du reste, aucune idée de déshonneur ou de mauvaise conduite n'est attachée, dans la classe ouvrière, au travail des mines; les femmes qui s'y livrent sont, aussi bien et peut-être mieux que d'autres, recherchées en mariage, parce qu'elles sont plus laborieuses. »

S'il faut en croire l'ingénieur principal du Borinage, la population ouvrière de cette région, qui s'élève à près de 30 000 personnes, ne compterait que 160 femmes mariées, 6 p. 100 du nombre

des femmes adultes de plus de 16 ans. Et encore « ces femmes sont, pour la plupart, des veuves ou des femmes délaissées par leurs maris. »

Ce sont donc des enfants et des jeunes filles qui viennent demander au travail des mines, soit le complément du salaire de leur père et de leurs frères pour l'entretien du ménage, soit leur propre subsistance, soit peut-être la nourriture de vieux parents infirmes dont elles sont l'unique soutien. Avant de songer à priver les femmes de cette ressource, il faudrait leur en ménager d'autres, qui existent dans la province de Liége, riche en industries variées, mais manquent encore dans celle de Hainaut, presque exclusivement minière. Voilà pourquoi la question, au centre du bassin houiller de Belgique, paraît devoir être abordée avec beaucoup de tempéraments et résolue par une suite de mesures, graduellement préparées pour conjurer les mouvements brusques et favoriser le passage successif de la population féminine à d'autres occupations.

Néanmoins, tous les ingénieurs de l'État, en Belgique, se montrent peu partisans du travail des femmes dans les mines. La vivacité presque passionnée que l'Académie de médecine avait apportée dans l'examen de la même question les a seule obligés à émettre des réserves et à protester contre des exagérations, dont leur expérience devait faire justice et signaler le péril.

La santé et la moralité des femmes sont-elles mises sérieusement en danger par leur présence dans les travaux souterrains? Y sont-elles placées, à ce double point de vue, « dans des conditions exceptionnellement pernicieuses? » La plupart des ingénieurs n'hésitent pas à répondre négativement.

Et d'abord faut-il redouter, pour elles, les suites funestes d'un travail trop rude? Sans juger des suites, qui ne sont pas de sa compétence, l'ingénieur principal de Charleroi s'exprime ainsi sur ce sujet :

« Dans ce bassin, le travail des femmes consiste principalement à pousser des chariots sur des voies ferrées dans des galeries qui ont 1m,30 à 1m,80 de hauteur; à élever, à l'aide de treuils, les charbons exploités en vallées; à manœuvrer des freins sur les plans inclinés automoteurs. Ce labeur n'est pas plus rude que celui de beaucoup de femmes employées à la surface, et notamment que celui des femmes si connues à Liége sous le nom de *botteresses*.

« Leur travail au Borinage, — dit l'ingénieur de cet arrondissement, — tout différent de ce qu'il est au Centre et à Charleroi, consiste surtout dans le boutage (glissement) et le chargement des charbons au pied des tailles, dans le chargement des déblais des percements en roc, etc. Leur position est moins gênée que celle des ouvriers en taille, surtout dans les exploitations *en droit*;

mais dans celles-ci, par contre, les femmes sont fort exposées à l'aspiration des poussières de charbon. Les femmes adultes les plus robustes sont souvent employées à la manœuvre des trains établis sur les travaux en descente. »

Peut-être, en effet, ces travaux de manœuvre ne dépassent-ils pas les forces d'une femme robuste? Mais il faut avoir vu à l'œuvre ces ouvrières des mines et s'être accoutumé au spectacle de leurs fatigues, s'être assuré, par une expérience quotidienne, qu'elles y résistent sans altération de santé, pour se défendre, à la lecture de semblables énumérations, d'un sentiment pénible. Et, si l'on songe que ce « travail s'effectue sans l'influence vivifiante de la lumière solaire, dans un air imprégné d'humidité quelquefois, souvent chargé de poussières et de gaz plus ou moins délétères », on ne s'étonnera pas que l'ingénieur principal du Borinage le trouve « plus insalubre que beaucoup d'autres. »

En vain son collègue de Charleroi objectera-t-il que les ouvriers, pour traverser les bures humides, sont placés dans des cages guidées recouvertes d'un chapiteau en tôle qui les abrite contre l'eau tombant en pluie; qu'aujourd'hui, depuis l'approfondissement des travaux, portés dans les régions inférieures du bassin, les galeries ne sont plus envahies par les eaux des couches superficielles du sol, que l'humidité, dont l'air ambiant a pu se charger en passant dans les bures, est promptement absorbée par le poussier de charbon, sec et tenu, qui tapisse les galeries de la plupart des houillères; enfin que la privation de la lumière solaire n'empêche pas les chevaux, malgré le défaut de soin et la rudesse du travail, de devenir trop gras, avec la même nourriture qu'à la surface, et de garder sans cesse « le poil court et luisant appelé vulgairement poil d'hiver. » Quel que soit le mérite de ces observations, tous les ingénieurs s'accordent à reconnaître, avec l'auteur de ces observations lui-même, que, s'ils ne regardent pas « le travail de la femme à l'intérieur des mines comme beaucoup plus nsalubre que son travail dans certaines manufactures, il serait cependant préférable qu'on se contentât pour elle des travaux du jour. »

Leurs réponses aux objections fondées sur un grave intérêt de moralité sont plus décisives. Depuis vingt ans déjà, l'ingénieur en chef de Mons s'était occupé de cette question et avait conclu dans des termes que son successeur a jugé utile de rappeler :

« D'abord il faut qu'on sache, — disait M. Gonot, — que ce n'est pas dans les travaux intérieurs, quoi qu'on en ait dit, que des désordres peuvent avoir lieu. Ceux qui ont visité les mines, qui connaissent l'activité qui y règne, la

surveillance continuelle qui s'y exerce, le grand nombre d'ouvriers qui y sont constamment en circulation, enfin la précision, la célérité et l'attention que chacun apporte à remplir la tâche imposée, ne seront pas étonnés de cette assertion. Ceux qui ne connaissent l'exploitation des mines que par les relations inexactes et incomplètes qui en ont été données, auront plus de peine à y croire; cependant les faits attestent que j'ai raison et qu'il se commet moins d'actes répréhensibles dans les travaux souterrains qu'à la surface, et surtout que dans les manufactures et dans les fabriques où existe la promiscuité des sexes. »

L'honorable ingénieur invoquait, à l'appui de cette opinion, une comparaison des registres de l'état civil de quelques cantons miniers et agricoles, de laquelle il résultait que les naissances illégitimes étaient, dans ceux-là, proportionnellement moins nombreuses que dans les derniers. Et il confirmait cette première observation par celle des registres d'une commune riche en exploitations, qui ne comptait, dans l'année, sur treize filles-mères, qu'une ouvrière des mines et une ouvrière employée aux travaux de la surface. Ces exemples étaient saisissants, bien que présentés sur une échelle trop restreinte.

L'ingénieur en chef actuel de Mons a voulu les étendre et a réuni une statistique comparative des naissances légitimes et illégitimes, des enfants mort-nés et des décès annuels, dans diverses régions industrielles ou agricoles, soit en France, soit en Belgique : les résultats donnent une opinion très-favorable de l'état moral et sanitaire des ouvriers mineurs dans ce dernier pays. Bornons-nous aux principaux résultats :

Le nombre des naissances annuelles par 1.000 habitants est de 33 en Belgique, au lieu de 27 seulement en France; celui des enfants naturels, par 1.000 naissances légitimes, de 77, au lieu de 82; en revanche, il y a, sur 1.000 naissances des deux catégories, près de 48 mort-nés, au lieu de 45.

La comparaison des statistiques du département du Nord et de la province de Hainaut, contrées dont l'industrie, les ressources, la population offrent de grandes analogies, n'est pas au désavantage de la province belge. Le nombre total des naissances est à peu près le même, 33 par 1.000 habitants. Mais le nombre des enfants naturels n'est que de 91 au lieu de 105 par 1.000 légitimes, et celui des mort-nés, de 47 au lieu de 49 par 1.000 naissances d'enfants viables. A la vérité, l'industrie du département du Nord étant beaucoup plus variée que celle du Hainaut, les termes de comparaison ne sont pas identiques.

Ce qui paraît plus concluant que ces rapprochements interna-

tionaux, c'est la comparaison des statistiques dressées, d'une part, pour les provinces minières (Hainaut, Namur et Liége), d'autre part, pour les provinces exclusivement manufacturières et agricoles (Anvers, Brabant, les deux Flandres et le Limbourg); le Luxembourg est écarté parce qu'il se trouve dans des conditions exceptionnelles. On enregistre, dans les premières, 45 mort-nés par 1.000 naissances, et dans les autres 48, c'est-à-dire 3 de plus. La différence est moindre pour le rapport du nombre des enfants naturels aux légitimes, 78 par 1.000 au lieu de 79; pour le nombre proportionnel des naissances, il y a inversion : 33 au lieu de 34 par 1.000 habitants de population moyenne dans l'année.

On peut admettre l'égalité, en présence d'écarts aussi faibles; mais la mortalité est sensiblement moindre dans les provinces minières : un peu plus de 20 décès par 1.000 habitants, au lieu de 24. Dans la Belgique entière, la mortalité annuelle est au-dessous de 23, chiffre de la France; dans le Hainaut, 20 exactement; dans le département du Nord 23 1/2. S'il y avait un écart considérable dans le nombre des naissances, ces différences de mortalité ne seraient peut-être qu'apparentes; on pourrait les attribuer au calcul de la population moyenne formant le deuxième terme du rapport, qui est plus considérable là où la reproduction est plus active; mais nous avons vu que ces écarts étaient insensibles, notamment entre les provinces belges. Il faut donc croire au bien-être et à la longévité relative des populations minières.

De ces divers chiffres et de beaucoup d'autres puisés aux sources officielles ou résultant de ses propres évaluations, l'ingénieur en chef directeur des mines de Mons conclut que les femmes vouées aux travaux de mines ne se distinguent ni par l'altération de leur santé, ni par l'irrégularité de leur conduite.

Cette opinion est partagée par les ingénieurs principaux placés sous ses ordres :

« Si l'on devait juger, — dit l'un d'eux, — de la femme du fond par son extérieur, par la crudité de son langage, le portrait qu'on en ferait ne serait guère flatteur. Néanmoins la prostitution est un vice presque inconnu chez ces ouvrières, et, presque toujours, le mariage légitime l'enfant né des relations qu'elles ont pu nouer avec leurs compagnons de travail. »

Une telle réparation n'exclut pas l'idée d'un véritable désordre moral, et malheureusement cette idée est confirmée par d'autres témoignages :

« En général, — lisons-nous dans le rapport de l'ingénieur principal de Char-

leroi, — le mineur se marie jeune, parce que c'est alors qu'il gagne le plus et qu'il est le mieux à même d'élever une famille. Il tient beaucoup aussi à avoir des enfants, qu'il considère comme une ressource pour plus tard. De là, cette idée assez répandue de ne se marier que quand cet espoir promet de se réaliser. C'est sans doute un préjugé immoral, mais qui est tempéré plus ou moins par le déshonneur attaché à l'action de celui qui abandonne une femme qu'il a rendue mère. »

Au moins ces unions, ainsi précédées d'une expérimentation qui, si elle n'est pas un indice absolu de corruption, est du moins une cause de scandale, sont-elles heureuses? Sur ce point, les ingénieurs sont unanimes; l'influence du travail souterrain est déplorable! C'est pour assurer le bien-être de la famille qu'ils réclament une réforme prochaine et qu'ils espèrent voir disparaître cette triste nécessité de maintenir la femme dans l'ignorance des soins du ménage et de lui en inspirer à l'avance le dégoût :

« Si le manque d'ordre et d'économie est toujours chose mauvaise, il est surtout déplorable chez la femme : un grand nombre de ménages au Borinage vivent misérablement, bien que le travail des enfants et celui de l'homme produisent, chaque quinzaine, des sommes bien suffisantes à l'entretien de la famille (*). »

C'est qu'au fond des mines « règnent l'éducation la plus détestable, le langage le plus grossier, les manières les plus basses. La femme va s'y dépouiller des principales qualités qui distinguent le sexe; elle y contracte des habitudes d'homme, des allures d'indépendance et de liberté, qui deviennent plus tard des causes de disputes, de querelles, et même de voies de fait. Gagnant un salaire assez élevé, elle devient prodigue et ne connaît plus, comme on dit, la valeur de l'argent. Habituée à sortir tous les jours, son intérieur lui devient à charge. Ce sont là autant de causes qui en font, par la suite, une mauvaise épouse, une mauvaise mère et une mauvaise ménagère. » Aussi « une telle femme dépense-t-elle inutilement, après son mariage, plus qu'elle n'a gagné auparavant par un surcroît de salaire dans les mines. »

Le remède, qui paraît si nécessaire, est-il possible? Oui, sans doute; car « on se demande aussi si le travail des femmes n'est pas un obstacle au progrès, en restreignant l'emploi des chevaux et celui des moyens mécaniques pour le transport souterrain. Lorsqu'on commence une exploitation ou un nouvel étage, on a des hiercheurs à sa disposition et l'on dispose au plus vite les travaux en conséquence. Arrivé à une certaine distance, il est trop tard pour changer, on craint les dépenses et les chômages, et l'on continue de la sorte jusqu'à la limite du champ d'exploitation, sans avoir étudié s'il n'eût pas été plus économique de mettre en vigueur, de prime abord, les moyens cités plus haut(**). »

Cependant les ingénieurs « sont loin d'approuver une interdiction qui serait

(*) Rapport de l'ingénieur principal du Borinage, à Mons.
(**) Rapport de l'ingénieur principal de Charleroi.

une atteinte à la liberté individuelle ainsi qu'à la liberté du travail. Ils voudraient voir arriver cette suppression petit à petit, par le fait même des exploitants, qui en reconnaîtraient les avantages et l'utilité (*). »

Les plus grandes exploitations, Arsimont (dans la province de Namur), Bonnefin, Maryhaie (dans celle de Liége), donnent l'exemple d'exclure les femmes des travaux souterrains; Cockerill, plus considérable que les précédentes, n'en emploie relativement qu'un petit nombre, environ 4 p. 100; Seraing, qui vient immédiatement après elles, en conserve encore davantage, 15 p. 100. Dans le Hainaut même, où le mal est plus grave et la réforme plus difficile, Strépy, Bois-du-Luc, la Lonvière, exploitations importantes, leur interdisent l'entrée des fosses.

C'est là le but vers lequel il faut tendre. L'ingénieur en chef de Mons, M. Jochams, propose à cet égard un projet de règlement qui recule successivement la limite d'âge inférieur donnant accès dans l'intérieur des mines : en 1870, jusqu'à douze ans pour les deux sexes; en 1875, jusqu'à quatorze ans pour les garçons et seize pour les filles; en 1880, jusqu'à la majorité des femmes. Cette mesure transitoire résoudrait, sans brusque perturbation, d'une manière conforme à tous les intérêts légitimes et sans excéder les droits de l'État, la délicate question du travail des femmes et des enfants.

La première est sans intérêt pratique en France, où les femmes ne sont guère employées aux travaux du fond; mais la seconde est encore l'objet de graves débats.

VI. — Travail des enfants.

En jetant les yeux sur le tableau de la page 195, on voit qu'en Belgique le nombre des enfants au-dessous de quatorze ans atteint environ le dixième du nombre total des ouvriers, soit à la surface, soit au fond. Cette proportion est un peu dépassée dans la province de Hainaut, la plus riche en charbonnages; à la surface, il travaille autant de filles que de garçons; au fond la proportion est un peu moindre; il y a deux cinquièmes de filles et trois cinquièmes de garçons.

L'exclusion complète des enfants des travaux de mines rencontre, même dans l'industrie, des partisans. Un grand nombre de houillères d'importance médiocre, occupant de vingt à cent

(*) Rapport de l'ingénieur principal de Charleroi.

cinquante ouvriers, n'en reçoivent pas avant l'âge de quatorze ans. Mais ces exploitations sont presque toutes situées hors du Hainaut, qui est le véritable centre des charbonnages ; deux seulement se trouvent dans cette province. Loin que les houillères importantes tendent à se priver du travail des enfants, elles ne leur interdisent même pas l'accès de travaux intérieurs. C'est seulement dans la province de Liége qu'une grande exploitation, celle de Maryhaie, occupant près de 2,000 ouvriers, donne l'exemple contraire, et cet exemple n'est suivi que par deux exploitations moindres, de l'importance de celles qui comptent entre 200 et 500 ouvriers, — Sarts-au-Berleur, près de Liége, et Oignies-Aiseau, dans le Hainaut.

La situation des enfants est meilleure dans les exploitations des mines métalliques qui ne font guère appel à leur travail que pour la préparation mécanique des minerais, comme celle des calamines de la Nouvelle-Montagne. Sur un total de 4,300 ouvriers de toutes sortes environ employés à l'extraction des métaux en Belgique, 7 seulement sont admis au-dessous de quatorze ans dans les travaux souterrains; sur ces sept enfants, deux seulement appartiennent à la grande exploitation du Bleyberg, qui compte environ 650 ouvriers.

Il faut excepter de cette règle, à peu près absolue, les exploitations libres de minerai de fer qui forment une catégorie spéciale. Quelques-unes occupent les enfants mâles en assez grand nombre, même à l'intérieur des excavations ; l'association de Fraire (Namur) fait descendre 18 enfants de moins de quatorze ans dans ses travaux, sur un personnel total de 233 ouvriers. Quant aux jeunes gens de quatorze à seize ans, la réserve est moindre encore, bien que des exploitations importantes trouvent moyen de s'en passer, du moins au fond de la mine.

Telle est la situation. Qu'en pensent les hommes de l'art ? Nous avons à cet égard la satisfaction de les trouver beaucoup plus affirmatifs sur le droit de réglementation exercé par l'État qu'au sujet du travail des femmes :

« La femme d'un certain âge est maîtresse de ses actions, l'enfant ne l'est pas. Ce qu'il faut éviter, c'est l'exploitation de l'enfant par ses parents : sa santé, son avenir l'exigent. »

En second lieu, nous les trouvons unanimes sur la limite d'âge inférieure pour l'admission dans les mines qu'il conviendrait de porter de dix à douze ans, en modifiant l'article 29 du décret du 3 janvier 1813 :

« A cet âge, l'enfant peut avoir terminé ses études provisoires, et ses membres sont encore assez souples pour se prêter, sans effort, au métier de mineur, qui demande à être appris jeune. Cette limite de douze ans semble admise implicitement par les charbonnières affiliées à la caisse de prévoyance du couchant de Mons, dont les statuts n'accordent, par l'article 28, une pension temporaire que jusqu'à l'âge de douze ans (sauf le cas d'infirmité ou de maladie), aux enfants dont un ouvrier, victime d'un accident, était auparavant le soutien (*). »

Les directeurs de mines eux-mêmes devancent la réforme législative et répugnent à admettre des enfants trop jeunes; s'ils s'y résignent quelquefois, « c'est par charité et par complaisance pour des parents dénués de ressources. » Néanmoins l'abus existe encore dans une certaine mesure; un article de règlement doit le faire disparaître, « dans l'intérêt des enfants, de leur développement physique, dans l'intérêt surtout de leur instruction, qui doit en souffrir singulièment, et même dans l'intérêt de l'exploitation, où ils n'apportent pas un effet utile en rapport avec leur salaire (**). »

Faut-il aller plus loin et étendre cette limite jusqu'à quatorze ans? Ici les ingénieurs se montrent très-réservés, au moins en ce qui concerne les enfants mâles. Le métier de mineur doit être appris jeune; il faut que les membres s'assouplissent de bonne heure et se plient, sans effort ni fatigue, à la position gênée du piqueur dans les tailles :

« Le labeur de ces jeunes gens n'est, du reste, pas aussi fort qu'on le croit dans le public et, lorsqu'il n'y a pas d'abus, c'est un exercice corporel qui, par lui-même, peut aussi bien être considéré comme utile que comme nuisible. »

Quant aux femmes, c'est tout différent, les ingénieurs sont d'avis de reculer, pour elles, la limite d'âge jusqu'à quinze ans, époque critique où s'accomplit la transformation de la jeune fille :

« Jusqu'alors, elles auraient le temps de fréquenter les écoles et d'acquérir une certaine instruction, pour atténuer les effets de cette détestable éducation qui distingue particulièrement la population charbonnière, tant féminine que masculine. Quelques-unes pourraient déjà, dans l'intervalle, choisir un état plus en rapport avec leurs goûts, leur aptitude et leur constitution, ce qui les empêcherait de se livrer plus tard aux travaux houillers (***). »

(*) Rapport de l'ingénieur principal de Mons.
(**) Rapport de l'ingénieur principal de Charleroi.
(***) *Ibidem*.

Ce vœu, en donnant la mesure des résultats que devrait produire la réforme, donne aussi la mesure des sacrifices qu'elle coûterait à l'industrie. L'exclusion des femmes des travaux souterrains, avant l'âge de quatorze ans, ferait perdre aux houillères du Borinage les plus riches et les plus nombreuses, 3 1/2 p. 100 de leur personnel. La perte dépasserait 6 p. 100, si les filles ne pouvaient descendre avant l'âge de seize ans. Mais il faut tenir compte, en sus, de toutes celles qu'une appréciation plus sûre des inconvénients du métier de houilleur détourneraient ensuite de l'embrasser. Si considérable que soit cette perte, l'administration ne s'en alarme pas en Belgique ; car elle recommande partout de confier la besogne du personnel le plus jeune à des ouvriers plus âgés.

L'ingénieur en chef directeur des mines de Mons, M. Jochams, va plus loin que ses collaborateurs, puisqu'il incline, comme nous l'avons vu, à reculer progressivement la limite d'âge pour les garçons à quatorze ans, pour les femmes à vingt et un. La dernière réforme ne devrait être opérée, d'après son projet, qu'en 1880 ; mais, pour la première, le délai serait moindre ; pendant une période transitoire de cinq ans, les enfants des deux sexes ne seraient plus admis dans les mines au-dessus de douze ans ; à partir de 1875, les garçons ne pourraient plus descendre qu'après quatorze ans, et les filles qu'après seize ans révolus.

Il est regrettable que ce parti décisif, inspiré par des sentiments généreux, soit conseillé incidemment au cours d'un rapport, sans aucun motif à l'appui pour combattre les défiances et rectifier les vœux plus timides des ingénieurs principaux. Loin de là, lorsque l'ingénieur en chef entre dans l'examen de la question et des conditions dans lesquelles elle est posée, il se réfère aux considérations présentées dans le compte rendu, pour 1868, du comité des houillères de France et en reproduit un long extrait, propre à justifier des conclusions toutes différentes. Si ce document est invoqué pour expliquer les hésitations du gouvernement belge au seuil d'une mesure de réglementation, en montrant quelles oppositions la même idée rencontre dans un autre pays, il paraît heureusement choisi ; mais ce manifeste nous paraît de nature à inspirer de légitimes défiances. En effet, le projet de loi nouvellement élaboré est représenté comme *une mise en suspicion*, dont l'effet sera de décourager, par une *réglementation comminatoire inutile,* les intentions bienveillantes des exploitants, et de paralyser leur initiative, déjà éprouvée par tant de sacrifices en faveur d'institutions telles que les asiles et les écoles ?

Le comité des houillères invoque l'intérêt de l'industrie :

« L'enfant accomplit, dans les mines, une besogne utile et proportionnée à ses forces; s'il n'est plus là, il faudra le remplacer par un adulte, qui coûtera plus cher et sera lui-même enlevé à un travail plus essentiel. »

Nous avons rapporté l'opinion contraire des ingénieurs belges, qui s'accordent à reconnaître que l'enfant rend peu de services dans les mines; que son travail reste au-dessous de l'équivalent de son salaire et qu'il y a lieu de confier, en général, sa besogne à un ouvrier plus âgé.

L'intérêt des familles?

« La famille, qui obtenait de son enfant une rétribution de 0f,75 à 1f,25 par jour, se trouvera appauvrie et plus gênée. »

Sans doute; mais l'objet de toute loi faite en faveur de l'enfance, a précisément pour objet d'enlever à la famille la faculté de rechercher un accroissement de bien-être aux dépens de ses enfants. Et c'est pour cela que les adversaires de la loi invoquent l'intérêt de l'enfant lui-même, de son instruction :

« L'enfant, — disent-ils, — sera resté deux ans de plus dans les écoles. Mais, à onze ans, l'enfant a fait sa première communion; il a tiré de l'instruction primaire tout ce qui peut lui être utile. Il sait lire, écrire et compter. N'est-il pas temps, pour lui, de se consacrer à l'éducation professionnelle et de commencer l'apprentissage de la profession qui doit le nourrir ?

« A douze ans, — nous écrit-on d'un bassin houiller, — l'enfant a épuisé la science de l'instituteur primaire ; il en est dégoûté pour toujours. Si on le laisse sans travail, il vagabondera et se pervertira. »

A la bonne heure, mais comment concilier cette manière d'entendre l'instruction primaire (limitée brusquement, dans ses résultats utiles, à l'époque de la première communion) avec l'opinion de l'ingénieur en chef de Liége, M. Recloux, qui, tout en reportant cette époque à la douzième année, avoue que, « jusqu'alors, c'est encore tout au plus si la moitié des enfants a fréquenté l'école, qu'ils quittent à peine dégrossis, pour satisfaire aux exigences de leurs parents. » Voilà un témoignage plus désintéressé peut-être que celui des industriels.

Enfin, si l'instruction primaire se réduit à aussi peu de chose, nous ne comprenons plus les efforts faits courageusement, et avec tant de suite, depuis vingt ans, pour étendre les programmes de cet enseignement et cultiver l'esprit des instituteurs. Sans doute, le

comité des houillères serait d'avis de supprimer les écoles normales et d'en affecter les ressources à la création d'écoles de porions et maîtres mineurs. Mais ceux-ci regretteraient sans doute bientôt, en abordant les quelques difficultés théoriques de l'instruction professionnelle, le défaut d'une instruction primaire plus étendue.

Le comité des houillères n'admet même pas les demi-mesures :

« Mais on laissera travailler l'enfant quatre jours. Cette transaction est impossible. Dans une mine, le travail n'est pas individuel; il est organisé pour tous et pour les six jours de la semaine. Il faudra donc laisser de côté les enfants et s'organiser autrement.

« Dès lors, toutes ces familles d'ouvriers, voyant avec peine le règlement qui leur est imposé et qui les appauvrit, prendront en antipathie l'instruction qui en est le prétexte. »

A ce compte, il ne faudrait plus s'élever contre un préjugé intéressé, de peur d'inspirer le dégoût du principe contraire. A cette résistance, opposons encore l'autorité de l'ingénieur de la région du Borinage, qui se demande « s'il ne serait pas possible d'instituer, pour les garçons de plus de douze ans, un travail réduit à un moindre nombre d'heures, système appliqué en Angleterre dans certaines industries. »

Ce compte rendu du comité des houillères nous donne pourtant quelques armes pour vaincre les hésitations prudentes des ingénieurs belges, dont nous avons emprunté les paroles. Il nous apprend, en effet, en quoi consiste le travail des enfants dans les mines :

« Ils approchent les bois, qui, vu l'exiguïté des ateliers, sont de petites dimensions ; ils écartent des charbons les fragments de schistes et de rochers, et rangent les remblais; ils graissent les chariots; ils font les commissions de toute nature pour les mineurs, vont chercher des outils, des cartouches, de l'eau ; enfin ils servent de portiers, c'est-à-dire ouvrent et ferment les portes d'aérage. Au delà de quatorze ans, ils participent au roulage, c'est-à-dire poussent, à deux, les chariots de 4 à 5 hectolitres sur les voies de fer.

« Il n'y a là aucune condition de travail qui puisse nuire à la santé ou au développement des enfants. Bien au contraire, ce sont des exercices qui les fortifient et leur donnent le goût du travail. A mesure que l'enfant grandit, toute son ambition est d'arriver successivement aux postes mieux rétribués, afin de devenir le plus tôt possible mineur, soit au charbon, soit au rocher. »

On le voit, cette initiation au métier de mineur se borne à une sorte d'éducation morale. Mais est-ce là un apprentissage efficace,

propre à assouplir le corps et les membres du futur mineur? La description détaillée qui précède nous semble une réponse suffisante à cette question.

A l'âge de quatorze ans, le garçon n'est encore qu'un rouleur ; c'est donc plus tard, à quinze ans, par exemple, qu'il commence réellement l'exercice du havage, du piquage, de toutes les opérations qui supposent une habitude acquise des positions gênées dans les tailles. C'est là une réponse aux objections des ingénieurs belges.

Nous nous rallierions donc volontiers à la proposition de M. l'inspecteur général Jochams. Tout au moins, nous sommes d'avis que le travail des mines ne soit permis aux garçons qu'un jour sur deux, afin de ménager leurs forces et de leur laisser le temps de fréquenter l'école.

CHEMINS DE FER.

Le journal officiel de Prusse (*Koniglich Preussischer Staats-Anzeiger*) du 8 juillet a publié le règlement suivant,— relatif à la police, l'exploitation et la sûreté des chemins de fer de la Confédération de l'Allemagne du Nord, — en date du 3 juin 1870.

I. — *État, entretien et surveillance de la voie.*

§ 1.—La voie doit être constamment entretenue dans un état qui permette, sauf sur les points qui se trouvent en réparation, de la parcourir sans danger avec la vitesse maximum prescrite au § 25.

Les sections de voie que l'on ne doit pas parcourir avec la vitesse maximum doivent être indiquées par des signaux spéciaux, visibles du train.

Les sections dont le parcours est impossible, par suite soit de réparation, soit de l'ouverture des ponts tournants, soit de tout autre obstacle, doivent être signalées à distance et interdites par des *arrêts*, pendant toute la durée des travaux.

§ 2. — Toute voie qui donne passage à un train doit offrir en tout temps l'espace libre figuré par le profil normal du plan ci-joint, aussi bien dans les gares que sur tout autre point du parcours.

§ 3. — Des mesures devront être prises pour que la disposition des aiguilles placées en dehors des gares puisse être reconnue et signalée à 300 mètres de distance.

Celles qui ne sont pas situées dans les dépendances d'une gare doivent être garanties contre tout déplacement, pendant tout le temps où elles ne sont pas gardées.

Au sujet des ponts mobiles, on fera en sorte d'assurer l'établissement convenable des signaux-arrêts dont il est question au § 1.

Sur les voies principales, on ne doit placer ni plaques tournantes ni chariots transporteurs.

§ 4.— Il faudra dresser des clôtures sur les points où la surveillance ordinaire ne suffit pas à tenir à distance de la voie le public ou les bestiaux.

Une clôture sera également nécessaire entre la voie ferrée et les chemins qui la côtoient à niveau ou à une certaine élévation. Les fossés bordés d'une levée de terre seront considérés comme en tenant lieu.

Les passages à niveau doivent être pourvus de barrières, solides et visibles à distance, qui seront placées à une distance convenable du milieu de la voie.

Cette distance doit être fixée conformément aux prescriptions du § 2.

Les passages à niveau ne doivent être permis que pour les chemins peu fréquentés, et doivent pouvoir être surveillés par des gardiens, qui ne s'éloignent jamais de plus de 600 mètres de la barrière.

Les barrières doivent pouvoir être ouvertes à la main. Chaque passage a une cloche, que l'on sonne au moment où le passage est interdit.

§ 5. — La voie doit être surveillée aussi longtemps que des trains ou des locomotives isolées peuvent être attendus.

Les barrières sont fermées trois minutes avant le passage d'un train. Les exceptions à cette règle seront déterminées par l'administration des chemins de fer et ses inspecteurs.

Les barrières des chemins particuliers, qui ne sont pas l'objet d'une surveillance spéciale, doivent être tenues fermées.

Dans l'obscurité, aussi longtemps que les barrières seront tenues fermées, les routes et les chemins communaux seront éclairés à leur point d'intersection avec la voie ferrée. Cette règle s'applique à toutes les barrières, quelles qu'elles soient. Dans les gares, les perrons et abords seront éclairés, pendant la nuit, une demi-heure avant l'arrivée ou le départ des trains de voyageurs.

Le parcours entier de la voie doit être, de la part des gardiens, l'objet d'une inspection qui se renouvellera trois fois pendant la journée, et, pendant la nuit ou sous les tunnels, dans l'intervalle des passages de deux trains consécutifs, s'il est possible.

Cette inspection portera notamment sur le bon état des aiguilles.

§ 6. — La voie doit être bordée de bornes itinéraires, où les distances, c'est-à-dire les lieues et les centièmes de lieue, puissent être, de jour, facilement aperçues du train.

Aux points de changement d'inclinaison, on placera des écriteaux où seront indiquées la pente et les longueurs des différentes sections de voie.

Aux points d'entre-croisement des rails, un écriteau indiquera la limite que les wagons d'un train ne pourront dépasser, sans intercepter le passage sur les autres voies.

A une distance convenable des passages à niveau, des écriteaux avertiront les voituriers, cavaliers et conducteurs de bestiaux, du point où ils devront s'arrêter, lorsque les barrières seront closes.

II. — *Mesures relatives à l'entretien du matériel d'exploitation.*

§ 7. — Le matériel d'exploitation doit être entretenu en tel état que les transports puissent s'effectuer sans danger, même avec la vitesse maximum permise par le règlement (Voir le § 25).

§ 8. — Les locomotives ne doivent commencer leur service qu'après avoir été soumises à une inspection technique, de la part des inspecteurs de l'État, qui jugeront si elles présentent des garanties suffisantes de sécurité.

Le degré de tension de la vapeur, évalué en atmosphères, que, de l'avis des inspecteurs, chaque machine pourra supporter, le nom du constructeur, le numéro d'ordre et l'année de la fabrication y seront inscrits en endroit apparent et d'une manière durable.

Dans les dépendances de tout grand atelier de réparation, sera installé un manomètre à mercure, qui pourra être mis en communication avec la chaudière des locomotives, au moyen d'un robinet d'ajutage, pour éprouver la justesse de la graduation de la soupape de sûreté, du peson et du manomètre.

§ 9. — Un registre sera tenu des distances parcourues par les locomotives. Une inspection rigoureuse des locomotives sera passée à certains intervalles de temps : la première, après que la machine aura parcouru, au plus, 10.000 lieues ; la seconde et les suivantes après un parcours de 8.000 lieues, mais jamais à plus de trois ans d'intervalle et toujours après chaque réparation importante de la chaudière. A l'occasion de cette inspection, qui s'exercera sur toutes les pièces de la machine, la chaudière sera dépouillée de son enveloppe et éprouvée au moyen d'une pompe à compression.

Quant à l'élévation de la pression qui devra être exercée dans ces épreuves, il est décidé que l'épreuve, pour une tension de vapeur qui ne dépasse pas de plus de cinq atmosphères la pression ordinaire, se fera à une tension double de la tension maximum ; et que, pour une tension plus élevée, elle aura lieu à une tension de cinq atmosphères au-dessus de la tension maximum.

Pour les locomotives déjà en activité au moment de la mise en vigueur de ce règlement, on se bornera à exercer la même pression qu'aux inspections précédentes.

Les chaudières chez lesquelles cette épreuve déterminerait une déformation durable seront de ce fait réformées.

Huit ans au plus après l'entrée en activité de service, la chaudière devra être inspectée à l'intérieur, après qu'on aura retiré les robinets d'eau chaude.

Cette inspection se renouvellera après chaque période de six années.

Les résultats de ces révisions seront consignés dans un procès-verbal.

Chaque locomotive doit être munie :

1° De deux appareils au moins destinés à l'alimentation de la chaudière, pouvant être employés indépendamment l'un de l'autre et dont chacun soit en état d'amener, pendant la marche, l'eau nécessaire à la chaudière. Un de ces appareils doit être disposé de manière à maintenir au niveau normal, pendant l'arrêt de la locomotive, l'eau de la chaudière;

2° De deux appareils, indépendants l'un de l'autre, destinés à reconnaître sûrement le niveau de l'eau dans la chaudière : l'un d'eux doit porter l'indication du niveau normal et celle du niveau réel, de manière que le mécanicien puisse toujours les apercevoir, sans se déranger et sans manœuvre spéciale;

3° De deux soupapes de sûreté, construites conformément aux règlements et dont l'une doit être disposée de telle sorte que sa charge ne puisse être élevée au-dessus de la mesure fixée. La charge de ces soupapes de sûreté est à déterminer de manière à ce qu'elles puissent se mouvoir de 3 millimètres dans le sens de la verticale;

4° D'un appareil (manomètre) qui indique continuellement la pression de la vapeur, sans manœuvre spéciale, et sur le cadran duquel la ligne correspondante à la tension maximum soit marquée d'une manière frappante;

5° D'un sifflet.

§ 10. — Toute locomotive doit être munie d'un cendrier fermé et placé près du foyer, enfin d'un appareil qui empêche que des charbons incandescents puissent être chassés par la cheminée.

§ 11. — Les locomotives-tenders doivent porter des freins puissants et facilement manœuvrables.

§ 12. — Toutes les voitures des trains doivent reposer sur des ressorts, être reliées entre elles par des attelages élastiques et pourvues à l'avant et à l'arrière de tampons élastiques. Toutes les roues doivent porter des boudins; l'épaisseur des cercles de roue en fer forgé ou en acier doit, dans les locomotives et les tenders,

atteindre au moins 22 millimètres; pour les simples wagons, on tolère une épaisseur de 19 millimètres pour les roues en fer forgé et de 16 pour celles d'acier.

Des chaînes de sûreté sont posées et solidement fixées aux extrémités de chaque wagon.

§ 13. — Dans chaque train, il doit se trouver, outre les freins des tenders et des locomotives, un nombre suffisant d'appareils semblables, pour que, dans les rampes où l'élévation par mètre atteint inclusivement

	pour les trains de voyageurs.	pour les trains de marchandises.
1/500.	1/8	1/12
1/300.	1/6	1/10
1/200.	1/5	1/8
1/100.	1/4	1/7
1/10.	1/3	1/5
1/40.	1/2	1/4

des couples de roues puissent être enrayés.

Quant aux trains mixtes qui marchent à la vitesse des trains de voyageurs, ils rentrent dans cette catégorie.

Les sections de voie où la rampe est plus considérable encore seront régies, relativement à cette matière, par les prescriptions des inspecteurs.

§ 14. — Les portières des voitures à voyageurs qui sont situées sur le côté ont leurs fermetures seulement à l'extérieur : elles doivent porter deux fermetures, dont un tourniquet.

L'intérieur des voitures de voyageurs doit être éclairé pendant tout trajet dans l'obscurité, ce qui s'applique aux tunnels dont le parcours demande plus de trois minutes.

Des lanternes-signaux doivent pouvoir être adaptées aux voitures à voyageurs et aux wagons à marchandises couverts.

§ 15. — Tous les wagons chargés de matières inflammables doivent être couverts, sauf les exceptions prévues par le règlement d'exploitation.

§ 16. — Toutes les voitures qui ont fourni un parcours de 3.000 à 4.000 lieues ou qui, sans l'avoir fourni, n'ont pas été soumises à une inspection depuis deux ans, doivent en subir une nouvelle.

§ 17. — Chaque voiture porte des désignations qui indiquent : 1° le chemin de fer auquel elle appartient; 2° le numéro d'ordre sous lequel elle est inscrite dans les registres d'atelier et d'inspection; 3° son poids brut, y compris celui des essieux et des roues; 4° la charge maximum qu'elle peut supporter; 5° la date de la dernière inspection qu'elle a subie.

§ 18.—Chaque train doit porter avec lui, autant que faire se peut, les outils et instruments nécessaires pour réparer les avaries qu'il peut subir pendant sa marche èt pour lui permettre de la continuer.

III. — *Organisation du service de l'exploitation.*

§ 19.—Chaque station possédera une horloge, réglée sur l'heure normale de la localité. Dans les grandes gares, l'heure doit être indiquée aussi bien la nuit que le jour, aussi bien à l'extérieur de la gare que sur la voie elle-même.

Les chefs de train, les conducteurs de machine, les chefs de gare et les gardiens de la voie doivent toujours, lorsqu'ils sont de service, porter sur eux une montre marchant bien.

§ 20. — Sur les chemins à deux voies, les trains suivront toujours celle de droite, par rapport au sens de leur marche.

Il ne pourra être dérogé à cette prescription que dans le cas de réparation de la voie, et après que les stations voisines en auront été prévenues.

Quant aux doubles voies à l'intérieur des gares, les chefs de gare sont responsables des accidents arrivés en violation de cette règle.

§ 21. — Il sera défendu de faire pousser un train par une locomotive placée à l'arrière, s'il ne s'en trouve une autre pour le remorquer à l'avant. Mais cette règle n'a pas d'application dans le cas des manœuvres de gare, pour les convois de déblai ou remblai, et partout où le mouvement en arrière est nécessaire, à la condition qûe la vitesse de locomotion ne dépasse pas vingt minutes par lieue.

Lorsque les trains ont déjà une locomotive en tête, ils peuvent en recevoir une seconde en queue, soit pour la remorque des rampes, soit pour l'entrée dans les gares.

§ 22. — Aucùn convoi ne doit contenir plus de 200 essieux. Les trains contenant des voitures de voyageurs n'en doivent pas avoir plus de 150.

§ 23.—La locomotive ne doit être précédée de son tender, pour les trains ordinaires, que dans des cas exceptionnels, et, pour les convois de service, les manœuvres de gare ou les trains de marchandises durant le trajet de la station à des ateliers voisins, que dans le cas où la vitesse atteint au maximum vingt minutes par lieue.

§ 24. — Il n'est permis à aucun train de voyageurs de quitter une station avant l'heure fixée pour le départ. Il ne doit pas se mettre en marche avant que toutes les portières aient été fermées et que le signal du départ ait été donné.

Les trains et même les locomotives isolées ne doivent se suivre qu'à la distance de deux stations consécutives.

En cas de besoin, il faut créer des stations intermédiaires destinées à recevoir les signaux nécessaires.

§ 25. — La vitesse maximum qui ne peut être dépassée sur aucun point de la ligne est fixée, dans les rampes qui ne dépassent pas 1/2 p. 100 et dans les courbes dont le rayon atteint au moins 1.000 mètres, à cinq minutes par lieue pour les trains express, à six minutes pour les trains omnibus et dix minutes pour les trains de marchandises. Dans les rampes et les courbes plus fortes, cette vitesse doit être proportionnellement réduite.

La vitesse doit être aussi ralentie 1° dès qu'on aperçoit des hommes, des animaux ou tout autre obstacle sur la voie; 2° au passage des ponts tournants; 3° quand le signal en est donné.

Dans tous ces cas, il faut marcher aussi lentement qu'il est nécessaire pour éviter le danger.

§ 26. — Quand on passe d'une ligne principale sur un embranchement et réciproquement, ou d'une voie sur une autre, il faut ralentir suffisamment pour que le train puisse être arrêté dans l'espace de 150 mètres.

§ 27. Dans les trains-poste, les trains-express et les trains extraordinaires qui peuvent prendre la vitesse maximum fixée au § 25, le matériel doit se trouver au meilleur état d'entretien possible. De plus, leurs voitures doivent être assez solidement attelées entre elles pour que tous les tampons à ressort se touchent. Le nombre des freins prescrit au § 13 doit être augmenté d'un. Il ne doit point s'y trouver de voitures à huit roues.

§ 28. — Les trains-poste, les trains-express et les trains royaux ou princiers prennent le pas sur tous les autres, en raison de la rapidité de leur marche.

Les wagons de marchandises en grande vitesse qui peuvent entrer dans la composition de ces trains ne doivent recevoir au plus que les deux tiers de leur charge normale.

§ 29. — Il ne peut être expédié de marchandises dans les trains de voyageurs qu'aux conditions suivantes:

1° Le chargement ou déchargement des colis ne doit jamais retarder le départ, à moins qu'on ne puisse être assuré que le retard éprouvé sera regagné durant le trajet nécessaire pour atteindre la prochaine station, sans dépasser la vitesse maximum;

2° L'adjonction des wagons de marchandises ne doit pas allonger le temps du trajet;

3° Les voyageurs ne doivent être incommodés en rien par le voisinage de ces wagons.

§ 30.—Si les besoins de la circulation le demandent, des voitures de voyageurs peuvent être adjointes à des convois de marchandises, dans certaines localités; mais cela ne doit pas amener l'accélération de ces convois.

§ 31. — Chaque chef de train doit porter avec lui un registre où il inscrit exactement l'heure de l'arrivée et du départ, pour chacune des stations.

§ 32.—Quand on forme un train, il faut soigneusement veiller à y faire entrer le nombre de freins prescrit par le § 13 et à les distribuer à peu près également. Si le train doit avoir à gravir des rampes supérieures à 1/2 p. 100, le dernier wagon doit pouvoir être enrayé.

Avant que le train ne quitte la station initiale, il doit être inspecté, sous le rapport de la solidité des attelages et des chaînes de sûreté.

Il faut voir si la communication est bien établie entre le siége des conducteurs et le sifflet à vapeur; si les wagons sont aussi également chargés que possible, si les lanternes et signaux sont posés et si les freins sont régulièrement distribués. Cette inspection doit se renouveler, pendant le trajet, toutes les fois que la composition du train aura été modifiée et que le temps de l'arrêt le permettra.

Dans les trains de voyageurs, les crochets d'attelage doivent être assez serrés pour que les tampons soient en contact à l'état de repos. Dans les trains mixtes, il ne faut placer les voitures attelées suivant un mode particulier ni immédiatement avant, ni immédiatement après des voitures de voyageurs.

§ 33.—Dans tout train de voyageurs, il faut toujours qu'il y ait au moins un wagon ne contenant pas de voyageurs à la suite du tender. Quant à la position à donner aux wagons de l'administration des postes, il faut consulter les besoins de ce service, mais éviter de leur donner cet emplacement dangereux.

§ 34.— Les trains extraordinaires ne doivent pas s'avancer, sur une voie incomplétement surveillée, avant qu'ils aient été signalés aux gardes-barrières et à la station prochaine.

§ 35. — Les convois faits pour le service de la voie ne peuvent marcher que sur l'ordre de l'administrateur chargé de la direction du matériel ou de ses délégués, et dans des périodes de temps déterminées.

Les chefs de gare des deux stations entre lesquelles se meut

un pareil convoi doivent être avertis de la marche. Il en est de même des wagons-tombereaux et wagonnets poussés à bras, qui doivent être accompagnés d'un agent responsable.

Une demi-heure au moins avant l'arrivée d'un train, la voie sur laquelle on l'attend doit être libre. Les exceptions à cette règle ne peuvent être tolérées que dans l'intérieur des gares et seulement dans le cas où les wagons en manœuvre seraient protégés par un signal d'arrêt contre l'arrivée d'un train.

Les convois de service et les simples locomotives sont signalés comme les trains ordinaires.

§ 36. — Les charrues pour écarter la neige et les voitures pour briser le verglas ne doivent pas être placées devant les locomotives des trains ordinaires. Quand il en est besoin, ces charrues et voitures sont envoyées à l'avance, avec des machines particulières et un intervalle de temps convenable. Mais on tolère des charrues faisant corps avec la locomotive et ayant des roues communes avec elle.

§ 37. — Personne ne doit monter sur la locomotive avec ceux qui en font le service, sauf les permissions spéciales qui peuvent être accordées par qui de droit.

§ 38. — Les locomotives qui sont au repos doivent avoir leur régulateur et leur distributeur de la vapeur fermés, et être enrayées. Il doit toujours y avoir quelqu'un pour veiller sur les machines. Les voitures qui stationnent dans les gares doivent être maintenues immobiles, de peur que le vent ne les mette en mouvement.

§ 39. — Tout train de nuit doit porter, en tête, deux lanternes réfléchissant la lumière dans le sens de la marche et, en queue, une lanterne rouge dirigée en sens opposé. A l'arrière de tout train arrêté dans l'obscurité, doit se trouver un signal visible par-devant et par-derrière. Quant aux manœuvres des locomotives à l'intérieur des gares, il suffit que les machines portent devant et derrière une lanterne à lumière blanche.

Les wagonnets et wagons-tombereaux doivent aussi être éclairés, lorsqu'ils marchent la nuit.

§ 40. — Voici les signaux qui doivent pouvoir être donnés sur la voie :

1° La voie est libre.

2° Ralentissez.

3° Arrêtez.

La nuit, le premier signal se donnera par la lumière blanche, le second par la lumière verte, le troisième par la lumière rouge.

§ 41. — Les chefs de train, conducteurs, serre-freins, doivent pouvoir communiquer les signaux au mécanicien.

§ 42. — Les mécaniciens doivent pouvoir donner les signaux suivants : 1° attention ; 2° serrez les freins ; 3° desserrez.

§ 43. — Le service du télégraphe électro-magnétique sera réglé d'après les instructions spéciales des compagnies et de leurs inspecteurs : il aura pour objet de communiquer des dépêches de station à station et d'avertir les surveillants de la voie du départ de chaque train.

Les signaux : — 1° le train ne part pas ; 2° amenez une locomotive de secours, — ne doivent pas être donnés par un télégraphe optique, mais électrique.

Pour pouvoir appeler des locomotives de secours, les trains porteront avec eux des appareils télégraphiques ou bien on en placera sur certains points de la voie.

§ 44. — Les trains exceptionnels ou les locomotives marchant seules doivent, en règle générale, être signalés aux trains qui les précèdent, aux surveillants de la voie, aux ouvriers qui y travaillent et aux trains circulant sur les embranchements.

Si le signal ne peut être donné, le départ de ces trains et de ces locomotives ne doit être permis qu'après que les deux stations entre lesquelles ils marchent se sont entendues et que les employés intermédiaires ont été avertis à temps par signaux électro-magnétiques.

§ 45. — La direction des aiguilles des gares doit, du moins sur les voies principales, pouvoir être aperçue par le mécanicien à une distance de 150 mètres. Les signaux doivent être mis en mouvement par le jeu même des aiguilles.

Avant l'arrivée et le départ des trains, il faut s'assurer si la voie qu'ils vont parcourir est libre et si les aiguilles sont bien disposées.

Quant aux aiguilles placées sur les voies principales, elles doivent avoir une disposition normale. Sont considérées comme voies principales toutes celles qui servent au passage des trains réguliers.

§ 46. — Toute grue hydraulique doit être éclairée la nuit.

§ 47. — Dans chaque train, le personnel de service doit être placé sous les ordres d'un seul et même chef, tout particulièrement responsable de la sûreté et de l'ordre et qui, à cet effet, se placera de manière à avoir l'œil sur le train tout entier, à apercevoir les signaux et à communiquer au besoin avec le mécanicien. Sous ce rapport, il en doit être de même des conducteurs et des serre-

freins, tout au moins dans la mesure de leur surveillance spéciale ou du service qu'ils ont à faire auprès de leurs freins respectifs.

La communication entre le mécanicien et le personnel du train s'établira au moyen d'une tiraude aboutissant soit au sifflet de la locomotive, soit à un réveil; elle s'étendra à tout le train, pour ceux de voyageurs, à toutes les voitures à voyageurs, pour les trains mixtes, et au moins jusqu'au poste du surveillant dans les convois de marchandises.

§ 48. — En cas d'accident ou si, pour toute autre cause, un train est obligé de s'arrêter sur la voie, au lieu de poursuivre sa marche jusqu'à destination, on prendra de promptes mesures dans la direction où d'autres trains pourraient s'approcher, afin de leur faire connaître le point où la voie est obstruée.

§ 49. — Toute aiguille qui attend le passage d'un train doit, pendant ce temps, ou bien être maintenue immobile ou être surveillée par son gardien.

Les aiguilleurs placés à l'entrée des grandes gares ou des embranchements en pleine voie, et de même les mécaniciens de service, les chauffeurs et serre-freins ne doivent pas accepter de travail qui puisse détourner leur attention de leurs fonctions.

§ 50. — La conduite d'une locomotive ne doit être confiée qu'à des mécaniciens ayant travaillé au moins une année entière dans un atelier de mécanique et ayant prouvé leur capacité, par un examen passé devant un maître-mécanicien et un employé de l'exploitation, ainsi que par des manœuvres d'essai.

Les chauffeurs doivent connaître assez bien la conduite de la machine pour pouvoir, en cas de besoin, l'arrêter ou renverser la vapeur.

IV. — *Dispositions concernant le public.*

§ 51. — Les voyageurs doivent se soumettre aux prescriptions édictées par l'administration du chemin de fer, dans l'intérêt de l'ordre, et obtempérer aux injonctions des employés, pourvu qu'ils soient revêtus de leur uniforme ou de tous autres insignes de leurs fonctions.

§ 52. — L'accès de la voie et de ses dépendances, talus, fossés, ponts, etc., n'est permis qu'aux agents des eaux et forêts, de l'administration des finances, de la police et autres, dans l'exercice de leurs fonctions. Le public n'y est admis que sur les points destinés au passage et qu'aux heures où les barrières sont ouvertes, sans qu'il lui soit jamais permis de stationner sur la voie sans nécessité.

Défense est faite à toute personne étrangère au service d'escalader les barrières ou de les ouvrir de sa propre main.

§ 53. — L'accès des gares et de leurs annexes, sauf les locaux affectés au public, est interdit à toute personne qui ne serait pas munie d'une permission.

Sont exceptés de cette mesure les dépositaires de la force publique dans la localité où la gare est placée, les agents du gouvernement, de l'administration forestière, des ports, des télégraphes et des finances, dans l'exercice de leurs fonctions.

Les commandants de place, les officiers et fonctionnaires préposés aux fortifications, revêtus de leur uniforme, jouissent du même privilége, dans les limites de la zone soumise à la servitude militaire.

Les voitures qui amènent des voyageurs à la gare ou qui en viennent chercher ne doivent stationner qu'aux lieux qui leur sont indiqués.

La surveillance relative au maintien de l'ordre dans l'intérieur de la gare est confiée aux agents de la police de la voie, tant que d'autres prescriptions n'en disposeront autrement.

§ 54. — Il n'est permis de traverser la voie avec des herses, des charrues, des troncs d'arbre ou autres fardeaux pesants, qu'en les plaçant sur des voitures ou des chariots.

§ 55. — On ne doit laisser passer les grands troupeaux sur la voie que dix minutes avant l'arrivée des trains.

§ 56. — Les passages réservés à des particuliers ne peuvent servir qu'aux ayants droit, et dans les conditions imposées par l'administration du chemin de fer.

§ 57. — Tant que les barrières sont fermées, les conducteurs, cochers, cavaliers, bergers, doivent s'arrêter devant les poteaux de défense. Il en est de même au cas où la cloche de la barrière a sonné.

§ 58. — Il est interdit de commettre des dégâts ou dégradations sur la voie et ses dépendances, ainsi que sur les télégraphes et le matériel d'exploitation. La même défense est prononcée à l'égard de la pose sur les rails de pierres ou de tout objet ayant pour effet d'entraver la marche des trains, de la propagation de fausses alarmes, de l'imitation des signaux, du dérangement des aiguilles et, en général, de tout acte accompli dans le but de nuire au service d'exploitation.

§ 59. — Il est défendu de faire entrer dans les wagons de voyageurs et de bagages, ou d'expédier avec les marchandises, sans l'in-

diquer spécialement, des marchandises inflammables ou autres qui risqueraient de causer des dommages dans le train.

A l'égard des substances chimiques et des matières inflammables, les règlements qui les concernent resteront en vigueur.

§ 60. — Il n'est toléré sous aucun prétexte de porter avec soi des fusils chargés; les employés de la gare de départ sont autorisés à contrôler les armes que portent les voyageurs.

§ 61. — Il est permis de fumer dans les voitures de toute classe: dans celles de première, les fumeurs devront obtenir au préalable l'assentiment de leurs compagnons de voyage. Dans les voitures de seconde et même, s'il est possible, de troisième classe, des voitures seront réservées pour les voyageurs que la fumée incommode.

§ 62. — Il n'est pas permis de faire entrer avec soi des chiens ou d'autres animaux dans les voitures; pas plus que d'y avoir des bagages assez embarrassants pour gêner les autres voyageurs.

§ 63. — Il doit être fait défense aux individus avinés de monter dans les wagons; s'il en est qu'on y ait laissés entrer, on doit leur enjoindre de descendre. Il en serait de même s'ils s'étaient enivrés, pendant le trajet, aux buffets des gares ou s'ils voulaient pénétrer dans les salles d'attente. Ces individus n'ont pas le droit d'exiger que le prix de leurs places soit rendu.

§ 64. — Les voyageurs qui contreviendraient au règlement ou ne voudraient pas obtempérer aux injonctions des agents, ou dont la conduite serait inconvenante, peuvent être chassés du train sans avoir droit à aucune indemnité.

§ 65. — Des voyageurs, visiblement malades et dont la présence peut incommoder leurs voisins, ne peuvent être reçus dans le train que si on loue un compartiment exprès pour eux. S'ils ne sont pas admis à continuer le voyage, le prix de leurs billets leur est rendu pour tout le trajet qu'il leur reste à parcourir.

§ 66. — Il est défendu de monter dans un train déjà en marche, d'essayer d'ouvrir les portières dans le même but ou même d'aider à les ouvrir et pareillement de descendre dudit train en marche.

§ 67. — Le voyageur, qui sera surpris à n'avoir point de billet valable, aura à payer le prix de deux places, pour toute la distance qu'il aura déjà parcourue; dans le cas où il ne pourrait prouver sur-le-champ à quelle station il est monté, ce prix sera compté à partir de la station où le train s'est formé; dans aucun cas, il ne pourra être inférieur à 2 thalers (7f,50). Néanmoins, le voyageur qui monte dans une voiture de voyageurs et déclare aussitôt, sans y être invité, au conducteur ou au chef de train qu'il

n'a pu prendre de billet faute de temps, ne sera soumis qu'à une amende de 10 silbergroschen (1f,25). Mais s'il refuse de la payer sur-le-champ, il peut être invité à quitter le train, et l'administration se réserve le droit de poursuivre judiciairement le recouvrement de cette dette.

§ 68. — Toute contravention aux dispositions contenues dans les §§ 51 à 60 et 66 sera punie d'une amende dont le taux est laissé à l'appréciation des juges compétents, mais qui pourra s'élever jusqu'à 10 thalers (37f,50) et, dans le cas d'insolvabilité, d'un emprisonnement proportionné, à moins qu'une peine plus sévère ne soit édictée par le Code pénal.

§ 69. — Les employés et agents chargés de la police de la voie (§ 72) sont autorisés à appréhender au corps tout individu pris en flagrant-délit de contravention aux dispositions précédentes, dans le cas où son identité ne serait pas constatée et où il se refuserait à se faire connaître, ou bien dans le cas où il ne pourrait donner caution pour le payement de l'amende encourue, sans que cette caution puisse jamais dépasser le maximum de la peine.

Si l'acte incriminé était qualifié par la loi crime ou délit, le coupable ne pourrait se soustraire à l'arrestation, par l'offre de la caution.

Tout individu arrêté doit être immédiatement remis entre les mains de la justice.

§ 70. — Dans le cas d'arrestation, il est permis aux agents de la police de la voie de faire surveiller et faire conduire les coupables au poste de police prochain, par l'entremise des hommes d'équipe et autres employés. L'agent aura, dans ce cas, à donner une *carte d'arrestation*, où son nom et sa qualité seront indiqués et qui servira provisoirement de procès-verbal, jusqu'à ce que celui-ci soit adressé aux magistrats compétents, c'est-à-dire jusqu'au soir du jour où la contravention a été constatée ou, au plus tard, jusqu'au lendemain matin.

§ 71. — Un extrait du présent règlement, du § 51 au § 71, doit être affiché dans toutes les salles d'attente, et chaque gare doit posséder un registre où le public sera invité à consigner ses réclamations.

V. — *Les agents de la police de la voie.*

§ 72. — Sont désignés pour exercer la police de la voie en première ligne:

1° Le directeur de l'exploitation et, à son défaut, l'ingénieur en chef;

2° L'inspecteur général de l'exploitation ;

3° Les inspecteurs et contrôleurs de l'exploitation ;

4° Les ingénieurs de la compagnie et leurs délégués;

5° Les piqueurs et gardes-chefs;

6° Les gardes-lignes et les cantonniers auxiliaires;

7° Le contrôleur de la voie;

8° Les chefs de gare, inspecteurs, etc.;

9° Les chefs de station et leurs délégués;

10° Les aiguilleurs;

11° Les chefs de train;

12° Les facteurs et conducteurs;

13° Les portiers et gardiens de nuit.

Ces agents doivent porter, dans l'exercice de leurs fonctions, leur uniforme de service ou les insignes reconnus de leur qualité ou encore des papiers qui la constatent.

§ 73. — Tous les agents énumérés au § 72, qui devront se trouver en nombre suffisant pour garantir la sûreté de l'exploitation, recevront de l'administration des instructions imprimées ou manuscrites sur l'exercice de leurs fonctions.

§ 74. — Tous les agents de la voie devront être âgés d'au moins vingt et un ans, jouir d'une parfaite honorabilité, savoir lire et écrire, et posséder toutes les qualités requises dans leur emploi.

§ 75. — Les agents de la voie devront garder, vis-à-vis du public, une attitude réservée et convenable, et user de tous les ménagements compatibles avec l'accomplissement de leurs devoirs; ils devront éviter tout procédé hautain ou brutal.

§ 76. — Tout écart de cette ligne de conduite leur attirerait, de la part de leurs supérieurs, une réprimande sévère et même, le cas échéant, une peine disciplinaire.

Quant à ceux des agents qui se montreront impropres à ce service, leurs fonctions devront leur être aussitôt retirées.

L'administration du chemin de fer est tenue de dresser le dossier de chaque agent et de tenir chaque casier au courant.

§ 77. — Le mandat de chaque agent est valable, sans tenir compte du poste qui lui est assigné, pour toute l'étendue de la ligne et de ses dépendances, et de plus pour tous les actes où il doit s'exercer en faveur des ordonnances de police parues ou à paraître sur la matière des chemins de fer.

§ 78. — Les agents de la police générale ou communale peuvent être requis pour prêter main-forte aux agents de la voie. Récipro-

quement, les agents de la voie sont tenus d'assister les autres agents, dans les limites du paragraphe précédent et en tant que l'exercice de leurs autres fonctions le leur permet.

VI. — *Surveillance.*

§ 79. — La surveillance relative à l'exécution des prescriptions ci-dessus énoncées est à la charge :

1° De la direction des chemins de fer, pour ceux qui sont administrés par l'État ;

2° Au directeur général de l'exploitation et aux directions des chemins de fer, pour les compagnies particulières, ainsi qu'aux surveillants institués par les gouvernements confédérés.

VII. — *Dispositions finales.*

Le présent règlement sera mis en vigueur au 1er janvier 1871, sur toutes les lignes situées dans la Confédération de l'Allemagne du Nord.

Sa publication, au *Bulletin des lois* de la Confédération et dans les organes des gouvernements confédérés, abrogera tous les règlements particuliers actuellement existants. Les règlements rendus en vue de l'exécution, par les gouvernements confédérés ou les compagnies particulières, devront être soumis à la Chancellerie fédérale.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

JUIN ET JUILLET 1870.

Décret du 8 juin 1870, portant concession aux sieurs Juvénal VIEILLARD *et* Eugène DOLLON *et consorts, de mines de plomb argentifère et autres métaux connexes associés dans les mêmes gîtes, situées dans les communes de* MAZERAT-AUROUZE, SAINT-ÉTIENNE-PRÈS-ALLÈGRE *et* JAX, *arrondissement de Brioude, et de* VARENNE-SAINT-HONORAT, *arrondissement du Puy, département de la Haute-Loire.*

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession d'Aurouze, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par une ligne droite partant de l'angle nord-est de la maison le plus au nord-est du hameau du Kif, commune de Saint-Étienne près Allègre, point B' du plan, et aboutissant à l'angle nord-ouest de la maison du sieur Gilbert, au hameau de Cheneville, commune de Varenne-Saint-Honorat, point C ;

Au sud-est, par une ligne droite partant dudit point C, et aboutissant à l'angle nord-est de la maison du sieur François Sauron, au hameau de Chastennel, commune de Jax, point D du plan ;

Au sud-ouest, par une ligne droite partant dudit point D et aboutissant à l'angle nord-ouest de la maison du sieur Antoine Monier, au lieu dit les Sauces, commune de Mazerat-Aurouze, point E ; puis par une seconde ligne droite partant dudit point E et aboutissant à l'angle sud-ouest de la maison du sieur Antoine Flandin, au hameau d'Esfacy, même commune de Mazerat-Aurouze, point F ;

Au nord-ouest, par une ligne droite joignant ledit point F au point B', point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 26 kilomètres quarrés 60 hectares.

Art. 5. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,10 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 11. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner par une déclaration authentique, faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre, en leur nom, avec l'autorité administrative, et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Décret du 2 juillet 1870, *portant concession aux sieurs* Louis Hosch, Georges Boitel, Félix de Fauconpret *et aux héritiers du sieur* Henri Hosch, *de mines de manganèse situées dans les communes de* Germ *et de* Loudervielle, *arrondissement de* Bagnères-de-Bigorre, *département des* Hautes-Pyrénées.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession de Germ et Loudervielle, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'est, depuis le point A, pris au col de Peyresourde, sur le bord méridional de la route d'Arreau à Bagnères-de-Luchon, en suivant la limite des départements de la Haute-Garonne et des Hautes-Pyrénées, jusqu'au sommet du Cap de Pales, point B du plan;

Au sud, par une ligne droite tirée du point B au point C, sommet du Tucoulet de Baqué;

A l'ouest, par une ligne droite tirée du point C au point D, sommet du Cap de las Comettes;

Au nord, par la ligne brisée qui marque la séparation de la commune de Loudervielle et de celle de Mont, depuis le point D jusqu'au point A, col de Peyresourde, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 3 kilomètres quarrés, 34 hectares, 31 ares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par

les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,50 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 10. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre, en leur nom, avec l'autorité administrative, et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Décret impérial du 6 *juillet* 1870, *portant que la redevance proportionnelle à payer par les concessionnaires des mines de houille du Creusot, pendant les années* 1869, 1870, 1871, 1872 *et* 1873, *est fixée, sous forme d'abonnement, à la somme de* 8.906f,24, *en principal, par année.*

Décret du 13 *juillet* 1870, *portant concession au sieur* Renaud Oscar, baron d'ADELSWARD, *maître de forges à* LONGWY (Moselle), *et déjà l'un des concessionnaires des mines de fer de Mont-Saint-Martin, de mines de fer hydroxydé oolithique situées dans les communes de* SAULNES, HUSSIGNY-GODBRANGE, HAUCOURT *et* HERSERANGE-LONGLAVILLE, *arrondissement de* Briey, *département de la* Moselle.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession d'Herserange, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud-est, par une ligne droite joignant l'angle est de la ferme Saint-Charles, point A, à l'angle nord de la parcelle n° 2 de la section C du cadastre d'Hussigny, point B (cette ligne forme, dans sa partie comprise entre le ruisseau de la Moulaine et le point B, la limite nord-ouest de la concession de Moulaine, instituée par décret impérial du 1er février 1868);

A l'est, par la ligne frontière entre la France et le grand-duché de Luxembourg, telle qu'elle est déterminée par le procès-verbal d'abornement dressé, le 30 septembre 1823, conformément au traité de Courtrai du 28 mars 1820, dans la partie comprise entre

e point B, ci-dessus défini, et la borne internationale qui se trouve sur le côté occidental du chemin de Saulnes à la Sauvage, point C (l'un des sommets de la concession de Saulnes, instituée par décret impérial du 14 août 1867);

Au nord-est, par une ligne droite allant dudit point C au clocher de Saulnes, point D;

Au nord-ouest, par une ligne droite reliant le point D à l'intersection du ruisseau de Moulaine avec une ligne droite tirée du clocher de Longlaville au clocher d'Herserange, point E (l'un des sommets de la concession de Mont-du-Chat, instituée par décret impérial du 2 septembre 1868);

A l'ouest, par une ligne brisée formée de deux droites, la première joignant le point E à l'angle sud-est de la dernière maison à l'est du village d'Herserange, appartenant au sieur Vogien, jardinier, point F; la seconde allant du point F au point de départ A (cette ligne AF formant la limite est de la concession de Senelle, instituée par décret impérial du 24 février 1864) ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres quarrés, 53 hectares.

Art. 3. La présente concession ne s'applique qu'aux minerais de fer exploitables par travaux souterrains réguliers. A l'égard des minerais en filons ou couches qui seraient situés près de la surface et susceptibles d'être exploités à ciel ouvert, ils demeureront à la disposition des propriétaires du sol, pourvu que leur exploitation à ciel ouvert ne rende pas impossible, dans le présent ou dans l'avenir, l'exploitation par travaux souterrains des gîtes situés dans la profondeur.

Sont pareillement réservés les droits que pourront avoir à exercer les propriétaires de la surface, aux termes de l'article 70 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 5. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,05 par hectare de terrain compris dans la concession.

Décret du 24 juillet 1870, portant concession aux sieurs Vallage (François-Adrien-Joseph), Lévy (Adrien-Frédéric), Lalon (Julien-Paul), Desbrosses (Paul-Charles), Lamborot (Émile) *et autres membres de la société civile des mines de houille de la Clayette, signataires de l'acte constitutif de cette société, du 9 avril 1859,*

déposé le 3 janvir 1860, chez Mᵉ Merlin, *notaire à Béthune (Pas-de-Calais), de mines de houille situées dans les communes de* SAINT-LAURENT-EN-BRIONNAIS, LA CHAPELLE-SOUS-DUN, BAUDEMONT, CURBIGNY *et* VAREILLES, *arrondissement de Charolles, département de Saône-et-Loire.*

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession de Saint-Laurent-en-Brionnais, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par une ligne droite menée du point Y, clocher de l'église de Saint-Laurent, au point X, moulin de Gothard, mais arrêtée à son point de rencontre B avec le chemin qui conduit du lieu dit les Coupetiers au lieu dit la Sarrandière. Cette ligne forme déjà la limite nord de la concession des Moquets, instituée par ordonnance royale du 7 mars 1841 ;

A l'est, par une ligne droite allant du point B, ci-dessus défini, au point C, déterminé par la rencontre du chemin des Rondets à Curbigny avec la rive droite du ruisseau de Banbigny ;

Au nord, par une ligne allant dudit point C au point D, déterminé par la séparation des chemins de Montgiraud à Saint-Albin et de Montgiraud à Vareilles ;

A l'ouest, par une ligne allant du point D au point Y de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 13 kilomètres quarrés 42 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0ᶠ,05 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 10. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre, en leur nom, avec l'autorité administrative, et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines de houille de Saint-Laurent-en-Brionnais, arrondissement de Charolles, département de Saône-et-Loire.

Art. 5. La houille menue et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportées au jour, au fur et à

mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Les concessionnaires seront tenus de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient, à cet effet, leur être imposées.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

JUIN ET JUILLET 1870.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Service de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 28 février 1870.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint les états destinés à recevoir les renseignements statistiques que MM. les ingénieurs des mines devront réunir sur les établissements industriels de leur circonscription, pendant l'exercice 1870, en ce qui concerne l'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

Ces états présentent, par rapport à ceux de l'année dernière, des changements que je vais expliquer.

L'état n° 1 embrasse la totalité des établissements soumis au régime de la loi du 22 mars 1841; il comprend donc tous ceux qui étaient inscrits précédemment sur deux tableaux distincts, savoir :

1° Les établissements à moteur mécanique ou à feu continu;

2° Les établissements qui, n'étant ni à moteur mécanique ni à feu continu, occupent plus de vingt ouvriers réunis en atelier.

La rédaction de cet état ne saurait donner lieu à aucune difficulté : les en-tête des colonnes sont les mêmes que l'année dernière et je ne puis que me référer aux instructions antérieures, ainsi qu'aux indications portées sur l'état lui-même. J'ai à peine besoin de rappeler que les mines, minières et carrières n'y doivent point figurer, ces exploitations étant régies par une législation spéciale et ne ressortissant pas à mon département.

Il y a, toutefois, une remarque à faire en ce qui concerne les ateliers dépendant des compagnies de chemins de fer. Ces ateliers sont, aux termes de la circulaire du 30 avril 1869, inspectés par MM. les ingénieurs des mines attachés au contrôle; les états y relatifs doivent donc être dressés par ces derniers fonctionnaires et non par les ingénieurs du service ordinaire. Je ferai parvenir des instructions dans ce sens à MM. les inspecteurs généraux placés à la tête du contrôle des diverses compagnies.

L'état n° 2 comprend tous les établissements industriels laissés en dehors du régime de la loi du 22 mars 1841, mais qu'une loi nouvelle atteindra sans doute prochainement : je veux dire les établissements qui, n'étant ni à moteur mécanique ni à feu continu, occupent au plus vingt ouvriers des deux sexes et de tout âge réunis en atelier, et au nombre desquels se trouvent des enfants. On exceptera toutefois de cette nomenclature les ateliers de famille, où les enfants travaillent sous l'autorité de leurs parents et sans l'intervention d'aucune personne étrangère.

Cet état ne comporte que des indications fort simples : il ne saurait être question d'y constater les contraventions à la loi du 22 mars 1841, puisque les établissements dont il s'agit ne sont pas soumis à cette loi; en conséquence, les colonnes relatives aux contraventions manquent et l'on a seulement conservé celles qui servent à la désignation des établissements. Ces renseignements peuvent être recueillis sans visite des lieux : les déclarations volontaires des fabricants ou les communications des maires suffiront habituellement. Dans le cas où MM. les ingénieurs des mines ne seraient pas en mesure de remplir eux-mêmes cet état, vous voudriez bien y suppléer, soit en vous adressant directement aux maires, soit par tel autre moyen que vous jugeriez convenable.

J'insiste pour que les deux états n° 1 et n° 2 soient complets, c'est-à-dire mentionnent tous les établissements de la catégorie, sans distinction de ceux qui auront été visités d'avec ceux qui n'auront pu l'être; pour ces derniers, les colonnes des visites ainsi que celles des contraventions resteront naturellement en blanc, mais les autres colonnes devront être remplies très-exactement. Il importe, en effet, Monsieur le Préfet, que mon administration possède des renseignements précis sur la totalité des établissements soumis à la loi ou en voie de l'être.

Ces états devront être accompagnés d'un rapport explicatif, qui donne, en même temps, les indications complémentaires que le cadre des états ne comporte pas. Déjà, l'année dernière, bien que l'administration n'en eût pas fait une obligation explicite, la plu-

part des ingénieurs ont pris l'initiative de fournir ce document, et plusieurs des rapports qui me sont ainsi parvenus présentent un haut intérêt. Il y a tout lieu de généraliser une mesure dont l'utilité est évidente. Vous voudrez donc bien inviter MM. les ingénieurs des mines à apporter un soin tout particulier à la rédaction de ce document. Il conviendra que le rapport soit divisé en trois parties : l'une présentant un résumé succinct des faits, observés au point de vue de l'application de la loi du 22 mars 1841 ; la seconde, faisant connaître les mesures, réglementaires ou autres, qui, dans l'opinion du rapporteur, devraient être adoptées pour améliorer l'état actuel des choses; et la troisième, consacrée à la description détaillée de tout ou partie des pratiques suivies dans quelques-uns des établissements où l'on se préoccupe le plus de protéger et d'instruire les jeunes travailleurs. A cette occasion, il pourra être intéressant de rapporter *in extenso*, comme l'ont fait quelques ingénieurs, les consignes ou règlements adoptés spontanément dans des fabriques et qui paraissent bien conçus pour atteindre le but que s'est proposé le législateur. De toutes façons, nous avons intérêt à connaître les industriels qui se distinguent par d'aussi honorables efforts.

Je termine par une considération sur le caractère et l'objet des visites de MM. les ingénieurs. Il ne s'agit pas seulement, cette année comme l'année précédente, de procéder à une sorte d'enquête statistique et de donner des avertissements amiables aux fabricants qui ne se conforment pas à la loi; mais il faut maintenant arriver à ce que la loi s'exécute et à ce que les avertissements aient une sanction. Le délai d'un an dont auront joui les intéressés, alors qu'un délai de six mois seulement leur avait été annoncé, est plus que suffisant pour que tous ceux qui en ont véritablement le désir aient pu se mettre en règle; il n'y a donc aucun motif de différer la stricte application de la loi. Vous voudrez bien faire connaître à MM. les ingénieurs que, sans se départir de leur rôle conciliant et sans renoncer à l'influence morale qu'ils peuvent, mieux que personne, exercer, ils doivent cependant, dans tous les cas où ils se trouveraient en présence d'un manque évident de bonne volonté, ou s'ils rencontraient des infractions ayant directement trait à la sécurité et au bien-être des jeunes ouvriers, ne pas hésiter à déférer les faits aux tribunaux par les voies ordinaires. L'état statistique n° 1 devra, à la colonne des observations, porter la mention des procès-verbaux dressés par eux dans ce but.

Les documents dont je viens de parler, à savoir les états n° 1 et

n° 2, et le rapport explicatif, devront me parvenir le 31 octobre prochain *au plus tard*. Je vous prie de veiller à ce que cette date ne soit pas dépassée. Je saisis cette occasion de vous rappeler que, conformément à ma circulaire du 24 décembre dernier, tous les documents relatifs au travail des enfants doivent être adressés directement au département de l'agriculture et du commerce.

Je joins un certain nombre d'exemplaires de la présente circulaire, que je vous prie de distribuer à MM. les ingénieurs des mines de votre département; je tiens à leur disposition le nombre d'exemplaires des états n° 1 et n° 2 (voir pages 350, 351 et 352) que voudrez bien me désigner.

J'attache d'autant plus de prix, Monsieur le Préfet, à ce que les renseignements que je réclame soient fournis ponctuellement, que je compte adresser sous très-peu de jours au conseil d'État le projet de loi destiné à remplacer la loi du 22 mars 1841. Je lirai donc avec le plus grand intérêt toutes les communications qui seront de nature à éclairer la discussion.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'Agriculture et du Commerce,
LOUVET.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Service de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 26 mars 1870.

Monsieur le Préfet, par suite d'un accord intervenu entre mon département et le département des finances, MM. les ingénieurs des mines chargés de l'inspection du travail des enfants dans les manufactures auront à visiter, à ce point de vue, les établissements dépendant de l'administration des finances. Je vous prie, en conséquence, d'inviter MM. les ingénieurs des mines de votre département à comprendre ces établissements dans les tournées qu'ils comptent effectuer pendant l'exercice 1870. Les renseignements recueillis à cette occasion figureront dans les mêmes formules imprimées que j'ai déjà eu l'honneur de vous adresser, avec ma cir-

culaire du 28 février dernier. Il conviendra, d'ailleurs, de consacrer aux manufactures de l'État une mention particulière dans le rapport explicatif qui doit accompagner l'envoi des états statistiques.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'Agriculture et du Commerce,
LOUVET.

MINISTÈRE
[A]CULTURE ET DU COMMERCE.

SERVICE
[INSPE]CTION DU TRAVAIL DES ENFANTS
[DA]NS LES MANUFACTURES
ET
STATISTIQUE INDUSTRIELLE.

ÉTA[T]

Tableau des établissements industriels occupant des [...]

1° Manufactures, usines et ateliers à moteur mécan[ique].
2° Fabriques occupant plus de *vingt* ouvriers des d[eux]

NOM du propriétaire ou raison sociale de l'établissement.	NOM de la commune où l'établissement est situé.	DATES des visites.	FORCE (en chevaux) des moteurs		NOMBRE total d'ouvriers des deux sexes (non compris les enfants au-dessous de 16 ans).	NOMBRE D'ENFANTS des deux sexes		INDIQUER	
			à vapeur.	à eau.		au-dessous de 12 ans.	de 12 à 16 ans.	au-dessous de la limite légale (8 ans).	au-dessous de 12 ans pendant plus de 8 heures sur 24 heures ou pendant 8 heures consécutives sans repos
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Totaux.									

[D]e 19 à 21 répondre à la question par *oui* ou par *non*, suivant le cas.

N° 1.

ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE
d

SOUS-ARRONDISSEMENT
d

DÉPARTEMENT
d

fants et soumis au régime de la loi du 22 mars 1841, savoir :

ou à feu continu, quel que soit le nombre des ouvriers ;
sexes et de tout âge, réunis en atelier.

S'IL Y A LIEU, LE NOMBRE DES ENFANTS EMPLOYÉS,							LA LOI EST-ELLE OBSERVÉE en ce qui concerne :			OBSERVATIONS.
de 12 à 16 ans, pendant plus de 12 heures sur 24 heures, ou pendant 12 heures consécutives sans repos.	au-dessous de 13 ans, pendant la nuit (de 9 heures du soir à 5 heures du matin).	de 13 à 16 ans, pendant la nuit (de 9 heures du soir à 5 heures du matin), en dehors des conditions prévues par la loi.	au-dessous de 12 ans, ne suivant pas l'école.	de 12 à 16 ans, dépourvus de certificats d'école.	au-dessous de 16 ans, les dimanches et jours de fêtes légaux.	au-dessous de 16 ans, dépourvus de livrets.	le registre d'inscription pour les enfants?	les règlements intérieurs pour assurer l'exécution de la loi?	l'affichage de la loi du 22 mars 1841 et des règlements intérieurs?	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Dressé à le 187 .

L'ingénieur des mines,

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE.

SERVICE DE L'INSPECTION DU TRAVAIL DES ENFANTS DANS LES MANUFACTURES ET DE LA STATISTIQUE INDUSTRIELLE.

ÉTAT N° 2.

Tableau des établissements industriels occupant des enfants et non soumis au régime de la loi du 22 mars 1841, ou fabriques, usines et ateliers qui ne sont ni à moteur mécanique ni à feu continu, et qui occupent au plus vingt ouvriers des deux sexes (y compris les enfants) réunis en atelier.

ARRONDISSEMENT MINERALOGIQUE
d

SOUS-ARRONDISSEMENT
d

DÉPARTEMENT
d

NATURE de l'établissement.	NOM du propriétaire ou raison sociale de l'établissement.	NOM de la commune où l'établissement est situé.	NOMBRE TOTAL d'ouvriers des deux sexes (non compris les enfants au-dessous de 16 ans).	NOMBRE D'ENFANTS des deux sexes		OBSERVATIONS.
				au-dessous de 12 ans.	de 12 à 16 ans.	
1	2	3	4	5	6	7
Totaux.						

Dressé à , le 187 .

L'ingénieur des mines,

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

JUIN ET JUILLET 1870.

DÉCRETS.

Néant.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

22 *juin* 1870. — D'après les propositions du conseil de l'École des mines, les élèves ingénieurs de 1re et de 2e classe feront cette année un voyage d'instruction, savoir :

MM. Zeiller, Henry, Hurteau, } élèves de 1re classe,

dans la Styrie, la Carinthie, la Toscane, l'île d'Elbe et la Sicile;

MM. Amiot, Olry, } élèves de 2e classe,

dans la Saxe, la Bohême, la Hongrie et le Tyrol ;

M. Vital, élève de 2e classe,

en Angleterre, dans les districts industriels de Cornwall et de Glamorgan, et, en France, dans ceux de Commentry et de l'Ariége.

30 *juin* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation de la section de Vire à Granville :

. . . .

Service des mines :

M. Vieillard, ingénieur ordinaire.

7 *juillet* 1870. — La partie du service de contrôle de l'exploitation du chemin de fer du Midi, confiée à M. l'ingénieur des mines Linder, sera divisée en deux arrondissements, savoir :

1er *arrondissement.* — Ligne principale de Bordeaux à Cette,

avec embranchements correspondants, y compris les lignes d'Agen à Vic-Bigorre, et de Toulouse à Boussens et à Foix et le chemin de fer de Perpignan à Prades : M. *Linder*, ingénieur ordinaire, à Bordeaux.

2e *arrondissement.* — Ligne de Bordeaux à Irun, y compris les embranchements de Lamothe à Arcachon et de Morcenx à Bagnères-de-Bigorre et partie de la ligne de Toulouse à Bayonne, comprise entre Boussens et Bayonne, y compris les embranchements à Saint-Girons et de Puyoô à Dax : M. *Genreau*, ingénieur ordinaire, à Pau.

8 *juillet* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation des chemins de fer de Lille à Valenciennes et d'Armentières à la frontière belge :

. . . .

Service des mines :

M. Matrot, ingénieur ordinaire.

13 *juillet* 1870. — MM. *Fuchs* et *Mallard*, ingénieurs ordinaires : le premier, professeur de cours préparatoires à l'École des mines; le second, professeur de l'École des mineurs de Saint-Étienne, sont autorisés à se charger, pour le compte de la Société des minerais d'argent de Vallenar, d'une mission ayant pour but une expertise scientifique des gisements argentifères du Chili.

26 *juillet* 1870. — M. Michel Lévy, ingénieur ordinaire, remplacera provisoirement, au service de la carte géologique détaillée de la France, M. Fuchs, chargé d'une mission au Chili.

30 *juillet* 1870. — Organisation du service de contrôle de l'exploitation du chemin de fer de Paris à Lyon par le Bourbonnais (embranchement d'Auxerre à Clamecy).

. . . .

Service technique :

M. de Vassart d'Hozier, ingénieur ordinaire.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

AOUT ET SEPTEMBRE 1870.

Décret du 9 *août* 1870, *qui accorde au sieur Pierre* SAINT-GUILY *la concession de mines de manganèse situées dans les communes de* VIEILLE-AURE, VIGNE, SOULAN *et* GUCHEN, *arrondissement de* BAGNÈRES-DE-BIGORRE, *département des* HAUTES-PYRÉNÉES.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession de Vieille-Aure, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au nord, par le chemin dit de la Montagne à Vieille-Aure, limite séparative des communes d'Aulon et de Soulan, à partir du point A' pris sur le bord septentrional dudit chemin à 1.600 mètres à l'ouest de la borne de la fontaine du Pla de Castillon (cette distance étant comptée sur ledit chemin) ; puis, à partir de cette fontaine, par la limite séparative de la commune d'Aulon et des communes de Vieille-Aure et de Guchen, jusqu'au point B, jonction des ruisseaux de Pales de haut et d'Aulon; enfin par une ligne droite menée dudit point B à la borne d'Espiets (point C du plan) ;

Au nord-est, par une ligne droite menée dudit point C à la borne de cap de Caoulette (point D du plan) ;

A l'est, par les limites séparatives des communes de Guchen et de Bazus, de Vieille-Aure et de Guchen, jusqu'au point E, borne du mate de Laréou ; puis par une ligne droite menée dudit point E au clocher du village de Vieille-Aure (point F du plan) ;

Au sud-est, par une ligne droite tirée dudit point F au point G, clocher de l'église du village de Vignec, et arrêtée à son intersection avec le ruisseau d'Espiaube (point G' du plan) ;

MINISTÈRE
ICULTURE ET DU COMMERCE.

SERVICE
ECTION DU TRAVAIL DES ENFANTS
INS LES MANUFACTURES
ET
STATISTIQUE INDUSTRIELLE.

ÉTA

Tableau des établissements industriels occupant de...

1° Manufactures, usines et ateliers à moteur mécan...
2° Fabriques occupant plus de *vingt* ouvriers des ...

NOM du propriétaire ou raison sociale de l'établissement.	NOM de la commune où l'établissement est situé.	DATES des visites.	FORCE (en chevaux) des moteurs		NOMBRE total d'ouvriers des deux sexes (non compris les enfants au-dessous de 16 ans).	NOMBRE D'ENFANTS des deux sexes			INDI...
			à vapeur.	à eau.		au-dessous de 12 ans.	de 12 à 16 ans.	au-dessous de la limite légale (8 ans).	[illegible]
2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
Totaux.									

...e 19 à 21 répondre à la question par *oui* ou par *non*, suivant le cas.

°1.

ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE

d

SOUS-ARRONDISSEMENT

d

DÉPARTEMENT

d

ants et soumis au régime de la loi du 22 *mars* 1841, *savoir :*

ou à feu continu, quel que soit le nombre des ouvriers ;
sexes et de tout âge, réunis en atelier.

S'IL Y A LIEU, LE NOMBRE DES ENFANTS EMPLOYÉS,							LA LOI EST-ELLE OBSERVÉE en ce qui concerne :			OBSERVATIONS.
de 12 à 16 ans, pendant plus de 12 heures sur 24 heures, ou pendant 12 heures consécutives sans repos.	au-dessous de 13 ans, pendant la nuit (de 9 heures du soir à 5 heures du matin).	de 13 à 16 ans, pendant la nuit (de 9 heures du soir à 5 heures du matin), en dehors des conditions prévues par la loi.	au-dessous de 12 ans, ne suivant pas l'école.	de 12 à 16 ans, dépourvus de certificats d'école.	au-dessous de 16 ans, les dimanches et jours de fêtes légaux.	au-dessous de 16 ans, dépourvus de livrets.	le registre d'inscription pour les enfants?	les règlements intérieurs pour assurer l'exécution de la loi?	l'affichage de la loi du 22 mars 1841 et des règlements intérieurs?	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Dressé à le 187 .

L'ingénieur des mines,

Décret du 20 août 1870, portant extension de la concession des FERRIÈRES, *arrondissement de* MONTLUÇON, *département de l'*ALLIER.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Il est accordé à la compagnie anonyme des Forges de Châtillon et Commentry, comme extension de sa concession des Ferrières, instituée par ordonnance du 11 mars 1842, un espace triangulaire de 2 kilomètres quarrés, 90 hectares, 50 ares, situé commune de Néris, arrondissement de Montluçon, département de l'Allier, et limité :

Sur un de ses côtés, par la concession des Ferrières;

Sur l'autre côté, par la concession des Biolles ;

A sa base, par une ligne droite joignant le sommet I de la concession des Biolles avec le sommet A de la concession des Ferrières.

Art. 2. Cet espace sera réuni à la concession des Ferrières pour ne faire, avec elle, qu'une seule et même concession, qui prend pour nouvelles limites, conformément au plan annexé au présent décret :

Au nord, 1° une ligne partant de l'angle est de la maison du domaine de Bourdesoulle, point F du plan, et aboutissant au point E, intersection du chemin de Chamblet à Néris avec le ruisseau de Lamarou; 2° une autre ligne partant de ce dernier point et aboutissant au point D, angle sud-ouest de la maison Moyat Claude, au village de Thuelles, n° 549 de la matrice cadastrale.

A l'est, une ligne brisée comprenant : 1° une droite partant de ce dernier point et aboutissant au point C, intersection du chemin de Montluçon à Commentry avec le ruisseau de Lamarou, ladite ligne DC servant ainsi de limite à la concession du Marais; 2° une droite partant du point C et aboutissant sur le chemin de Néris à Montluçon au point B, angle sud de la grange du domaine des Forelles; 3° une droite partant du dernier point ci-dessus et aboutissant au point I de la concession des Biolles, intersection des deux ruisseaux venant l'un de Montigny, l'autre de Triers, les lignes CB et BI délimitant la concession des Biolles;

Au sud, une ligne partant du point I et aboutissant au point A de la concession des Ferrières, angle est de la maison du domaine d'en haut, situé à Serclier;

A l'ouest, une ligne partant du point A ci-dessus et aboutissant à l'angle est de la maison du domaine de Bourdesoulle, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue de 6 kilomètres quarrés, 59 hectares, 50 ares.

Art. 3. Il n'est rien préjugé sur l'exploitation des gîtes de tout minerai étranger à la houille et spécialement des gîtes de minerai de fer carbonaté lithoïde, qui peuvent exister dans l'étendue de la concession des Ferrières. La concession de ces gîtes de minerai sera accordée, s'il y a lieu, après une instruction particulière, soit aux concessionnaires des mines des Ferrières, soit à une autre personne. Les cahiers des charges des deux concessions régleront, dans ce dernier cas, les rapports des deux concessionnaires entre eux pour la conservation de leurs droits mutuels et pour la bonne exploitation des deux substances.

Art. 4. L'indemnité due, à titre d'inventeur, en vertu de l'article 16 de la loi de 1810, est réglée, en faveur des héritiers Mage ou ayants droit, à la somme de 12.000 francs.

Art. 10. En exécution de l'ordonnance du 18 avril 1842, ils devront élire un domicile administratif, qu'ils feront connaître par une déclaration adressée au préfet du département.

EXTRAIT *du cahier des charges de la concession des mines de houille des Ferrières.*

Art. 5. La houille menue et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportées au jour, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Les concessionnaires seront tenus de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient, à cet effet, leur être imposées.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

AOUT ET SEPTEMBRE 1870.

EXPLOITATION DES MINES DE HOUILLE PENDANT LA DURÉE DE LA GUERRE.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 19 août 1870.

Monsieur le préfet, les représentants des compagnies concessionnaires ont adressé au Gouvernement des demandes tendant à obtenir qu'une partie au moins de leurs ouvriers soit dispensée du service militaire pendant la durée de la guerre.

Le Gouvernement a donné à cette demande la plus sérieuse attention, et il n'a pas pensé qu'il fût possible de l'accueillir; il lui a paru que ce serait créer un précédent que ne manqueraient pas d'invoquer, à plus ou moins juste titre, toutes les autres industries, et qu'on entrerait ainsi dans une voie d'exceptions successives qui deviendrait, en définitive, funeste aux intérêts généraux.

Un cas, toutefois, pourrait se présenter qui devrait appeler un examen spécial de la part de l'administration, c'est celui où la plus grande partie des ingénieurs ou directeurs d'une grande exploitation seraient enlevés à la fois sous les drapeaux, et où les travaux des mines pourraient être compromis par leur départ simultané : dans ce cas, il pourrait y avoir lieu de dispenser, après avis des ingénieurs de l'État et du préfet du département, ceux dont le maintien à leur poste serait indispensable. Je me concerterai à cet égard avec M. le ministre de la guerre, d'après les propositions que vous voudriez bien m'adresser.

Je désire d'ailleurs que, pendant toute la durée de la guerre, MM. les ingénieurs des mines suivent avec une attention continue

la marche des exploitations; qu'ils constatent, chaque semaine, le montant de l'extraction journalière, le nombre des ouvriers employés, et qu'ils m'adressent, pour chacune des mines placées sous leur surveillance, les renseignements qu'ils auront recueillis. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'ils devront signaler à mon attention toutes les circonstances intéressant les exploitations et sur lesquelles il serait utile d'appeler la sollicitude de l'administration supérieure.

J'adresse ampliation de la présente circulaire à MM. les ingénieurs des mines; je vous prie, monsieur le préfet, de vouloir bien m'en accuser réception.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics,
Bon Jérome DAVID.

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

AOUT, SEPTEMBRE, OCTOBRE, NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1870.

DÉCRETS.

9 *août* 1870. — M. de Billy, inspecteur général de 1re classe, est nommé commandeur de l'ordre impérial de la Légion d'honneur.

Officier depuis 1854.

9 *août* 1870. — M. Harlé, inspecteur général de 2e classe, est nommé officier de l'ordre impérial de la Légion d'honneur.

Chevalier depuis 1853.

9 *août* 1870. — Sont nommés chevaliers de l'ordre impérial de la Légion d'honneur :

MM. Jausions, ingénieur ordinaire de 1re classe. Services exceptionnels.

Julien, ingénieur ordinaire de 1re classe. Services exceptionnels.

Baudinot, ingénieur ordinaire de 1re classe. Services exceptionnels.

Brossard de Corbigny, ingénieur ordinaire de 2e classe. Services exceptionnels.

Coince, ingénieur ordinaire de 2e classe. Services exceptionnels.

10 *août* 1870. — M. de Commines de Marsilly, ingénieur en chef, a offert sa démission, qui a été acceptée.

30 *août* 1870. — Sont nommés élèves-ingénieurs les élèves de l'École polytechnique dont les noms suivent :

MM. Boutiron (Henri-Jean-Baptiste-Xavier),

Wichersheimer (Charles-Émile),

de Curières de Castelnau (Gabriel-Antoine-Clément),

MM. Pelletan (Adolphe-André),
d'Esclaibes (Robert-Édouard-Antoine-Joseph).

19 *novembre* 1870. — M. Moutard (Théodore-Florentin), élève-ingénieur de 1re classe, hors de concours, rayé des contrôles pour refus de serment à la suite des événements de décembre 1851, est réintégré dans le corps des mines avec le grade d'ingénieur ordinaire de 2e classe, à la date du 21 décembre 1852, époque de la nomination à ce grade des ingénieurs de sa promotion.

19 *novembre* 1870. — M. Benoist (Jean-Louis-Marie-Paul), ingénieur ordinaire de 2e classe, démissionnaire à la suite des événements de décembre 1851, est réintégré dans le corps des mines, avec le grade d'ingénieur ordinaire de 2e classe, à la date du 12 avril 1851, époque de sa nomination à ce grade.

28 *novembre* 1870. — Sont nommés ingénieurs ordinaires de 3e classe les trois élèves-ingénieurs dont les noms suivent :

MM. Zeiller (Charles-René),
Henry (Adolphe),
Heurteau (Charles-Émile).

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

4 *août* 1870. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section du chemin de fer de Beauvais à Gournay.

. . . .

Service technique. — M. Cléry, ingénieur des mines.

. . . .

4 *août* 1870. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section du chemin de fer de Gisors à Gournay.

. . . .

Service des mines. — M. Duchanoy, ingénieur ordinaire des mines.

. . . .

4 *août* 1870. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la section du chemin de fer d'Hirson à Vervins.

. . . .

Service technique. — M. Cléry, ingénieur des mines.

. . . .

6 *septembre* 1870. — M. Charles de Freycinet, ingénieur des mines, est autorisé à accepter la fonction (administrateur provisoire) qui lui est confiée dans le département de Tarn-et-Garonne, par M. le ministre de l'intérieur.

7 *septembre* 1870. — M. Aguillon, ingénieur des mines, est mis à la disposition de M. le ministre de la guerre pour être attaché aux travaux des fortifications de Lyon.

7 *septembre* 1870. — L'organisation du service du contrôle des lignes de Paris à Lyon et à la Méditerranée est modifié ainsi qu'il suit :

Le sixième arrondissement d'ingénieur comprendra toutes les lignes de Lyon à Grenoble, de Valence à Chambéry et de Saint-Rambert à Rives. La section de Saint-Rambert à la Palud, l'embranchement de Privas et l'embranchement d'Annonay cesseront d'en faire partie.

Le septième arrondissement comprendra los lignes de la rive droite du Rhône moins les embranchements d'Annonay et de Livron à Privas.

Il est créé un dixième arrondissement d'ingénieur qui comprendra les lignes distraites des sixième et septième arrondissements, savoir : la ligne principale entre Saint-Rambert d'Albon et Tarascon ; l'embranchement de Saint-Rambert à Annonay, de Livron à Privas, de Soignes à Carpentras, d'Avignon à Casaillon et d'Arles à Lunel. Cet arrondissement sera confié, pour le service des ponts et chaussées, à M. de Muntz, et, pour le service des mines, à M. Lachat, en résidence à Avignon.

11 *septembre* 1870. — M. Carnot, ingénieur des mines, est temporairement attaché au cabinet du ministre pour l'étude des moyens de défense de Paris.

21 *septembre* 1870. — Une grande partie des inspecteurs généraux des ponts et chaussées et des mines étant en ce moment hors de Paris et n'y pouvant rentrer pour le 1er octobre, époque à laquelle doivent finir les vacances des conseils généraux des ponts et chaussées et des mines, il a été décidé que l'ouverture de la session ordinaire des deux conseils sera ajournée.

L'examen des affaires courantes continuera d'être confié, dans chaque conseil, à une commission composée des inspecteurs présents à Paris et présidée par le plus ancien des inspecteurs généraux de 1re classe.

Les commissions tiendront séance une fois par semaine.

30 *novembre* 1870. — M. Orsel, ingénieur ordinaire, est chargé de l'intérim du service de contrôle du réseau d'Orléans, laissé vacant par le départ de M. l'ingénieur en chef de Lépinay.

L'ENQUÊTE OFFICIELLE

SUR

LA CONDITION DES OUVRIERS DANS LES MINES ET USINES DE BELGIQUE.

(SUITE ET FIN.)

Par M. DEMONGEOT, ingénieur des mines.

VII. — Usines métallurgiques. — Personnel et salaires.

Nous avons résumé dans le tableau v (p. 268) la répartition, suivant l'âge, le sexe et la nature de l'industrie, du personnel des usines métallurgiques de Belgique. Quelques-uns des chiffres de ce tableau ne sont pas d'une exactitude aussi rigoureuse que les chiffres correspondants pour les mines; nous avons rencontré quelque incertitude sur la nature de divers établissements et la distribution à faire entre eux d'un personnel commun; toutefois les analogies qui nous ont guidé, dans cette opération, ne comportent que de très-légères erreurs.

Les usines sidérurgiques ont été mises à part et distinguées des usines où s'élaborent les métaux autres que le fer. Enfin nous avons, à l'exemple des ingénieurs belges, compris dans le tableau, comme formant une classe différente, diverses usines à feu continu (verrerie, cristallerie, gobletterie, fabrique de glaces), bien qu'elles n'aient jamais été régies par la loi de 1810.

TABLEAU V. — *Répartition, eu égard à l'âge, au sexe et à la nature de l'industrie, du personnel des usines métallurgiques et à feu continu de Belgique.*

USINES.	Nombre d'établissements.	FEMMES.			TOTAUX	HOMMES.			TOTAUX	ENSEMBLE.			TOTAUX
		Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans	partiels.	Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans.	partiels.	Au-dessous de 14 ans.	De 14 à 16 ans.	Au-dessus de 16 ans.	généraux.
Province de Hainaut.													
Sidérurgiques.	30	13	26	138	177	506	743	8.126	9.375	519	769	8.264	9.552
Métallurgiques autres. . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
A feu continu (Voir p. 267).	1	5	38	175	218	21	76	576	676	29	114	751	894
Totaux partiels. . . .	31	18	64	313	395	530	819	8.702	10.051	548	883	9.015	10.446
Province de Namur.													
Sidérurgiques.	1	»	»	»	»	4	11	45	60	4	11	45	60
Métallurgiques autres. . .	4	»	»	»	»	10	65	578	653	10	65	578	953
A feu continu (Voir p. 267).	1	2	10	90	102	5	47	388	440	7	57	478	542
Totaux partiels. . . .	6	2	10	90	102	19	123	1.011	1.153	21	133	1.101	1.255
Province de Liége.													
Sidérurgiques.	24	14	34	317	365	331	467	7.089	7.887	345	501	7.406	8 252
Métallurgiques autres. . .	15	64	78	560	702	68	250	3.151	3.469	132	328	3.711	4.171
A feu continu (Voir p. 267).	1	39	78	176	293	221	106	825	1.155	263	181	1.001	1.448
Totaux partiels. . . .	49	117	190	1.053	1.360	623	823	11.065	12.511	740	1.013	12.118	13.871
Royaume de Belgique.													
Sidérurgiques.	55	27	60	455	542	841	1.221	15.260	17.322	868	1.281	15.715	17.864
Métallurgiques autres. . .	19	64	78	560	702	78	315	3.729	4.122	142	393	4.289	4.824
A feu continu (Voir p. 267).	3	46	126	441	613	253	229	1.789	2.271	299	355	2.230	2.884
Totaux généraux. . .	77	137	264	1.456	1.857	1.172	1.765	20.778	23.715	1.309	2.029	22.234	25.572

Le Borinage, région du levant et du couchant de Mons, ne renferme aucune usine; le centre du Hainaut contient une dizaine d'établissements (hauts-fourneaux et laminoirs); c'est surtout dans l'arrondissement de Charleroi que les usines à fer sont réunies; elles y occupent un personnel de plus de 7.000 ouvriers. Dans la province de Namur, apparaissent des usines pour le traitement des métaux autres que le fer. Enfin la province de Liége, la plus riche de toutes, compte une population de 12.000 ouvriers employés à la fabrication ou à la dénaturation des métaux : deux tiers pour l'industrie du fer, dans des établissements dont les plus considérables sont situés à Seraing; un tiers pour le travail du cuivre, du nickel, mais principalement du zinc et du plomb, dans des usines célèbres, comme le Bleyberg, la Vieille et la Nouvelle-Montagne.

Si l'on compare les nombres du tableau v à ceux du tableau I (p. 195) qui leur correspondent, on reconnaît que les femmes sont moins employées dans les usines que dans les mines; elles n'y forment que 7 p. 100 du nombre total des ouvriers, au lieu de 15 p. 100, proportion qu'elles atteignent dans les houillères, ou même de 50 p. 100, dans les travaux superficiels des mines métalliques.

Les enfants aussi sont moins nombreux; en y comprenant même les adultes au-dessous de seize ans, ils ne dépassent pas 13 p. 100 du personnel total; mais cette proportion descend à 11 1/2 p. 100, si l'on ne considère pas les verreries et cristalleries, où elle s'élève au chiffre exceptionnel de 26 p. 100. Elle s'abaisse encore davantage, lorsqu'on se borne à compter les enfants de moins de quatorze ans, et tombe alors à 10 p. 100 dans les verreries, à 4 p. 100 seulement dans les usines métallurgiques, à 5 p. 100 en moyenne, au lieu de 10 p. 100 (chiffre des mines).

La durée du travail est généralement de douze heures, le jour comme la nuit; les usines à zinc font seules exception, les fondeurs y travaillant d'ordinaire pendant vingt-quatre heures consécutives et seulement de deux jours l'un.

Le salaire est moindre dans la province de Liége que dans celle de Hainaut; les femmes y reçoivent, en moyenne, selon l'âge, 0f,65, 0f,95 et 1f,45 par jour, au lieu de 1 franc, 1f,15 et 1f,50; les hommes 0f,80, 1f,20 et 2f,95, au lieu de 1f,15, 1f,60 et 3f.50. Nous avions déjà constaté des différences analogues, entre les deux régions, pour le salaire des mineurs. Le salaire reste, dans les verreries et cristalleries, un peu au-dessous du taux moyen des usines métallurgiques voisines.

L'ouvrier est, autant que possible, payé à la tâche. A cette

rémunération s'ajoute une prime, dans un grand nombre d'usines, lorsque le travail comporte une économie de matière première dépendant de l'habileté de l'ouvrier, et que l'objet est susceptible d'un mode régulier d'évaluation. Cette prime est basée, par exemple, pour les puddleurs, les fondeurs de zinc ou d'acier, sur le rendement, à dépense égale de combustible, de la fonte ou du minerai, et sur la qualité du produit; pour les chauffeurs de fours à coke, sur le rendement de la houille; pour les potiers, sur la durée des cornues réfractaires. Ce système obtient plus de faveur dans le pays de Liége, où les grandes usines donnent l'exemple, que dans le Hainaut, où les industriels paraissent répugner à l'admettre. Nous avions déjà remarqué, au sujet de l'exploitation des mines, les mêmes tendances dans les deux régions. Les primes ouvrières sont, d'ailleurs, plus difficilement applicables à la rémunération des mineurs qu'à celle des fondeurs et forgerons.

VIII. — Maisons d'ouvriers.

Dans la province de Namur et dans quelques parties de celle de Liége, où les établissements sont éparpillés et peu importants, les conditions d'existence de l'ouvrier mineur ou métallurgiste sont analogues à celles de l'ouvrier agricole. Ils logent, en général, chez eux ou chez leurs parents; s'ils ne sont pas propriétaires, ils trouvent aisément, pour la somme de 60 à 120 francs par an, une maison de deux à quatre pièces et un petit jardin de cinq à six ares.

Le logement des ouvriers n'est pas moins confortable dans les localités peu peuplées, où se sont fondées brusquement des exploitations ou des usines de quelque importance, et où la construction de maisons s'est imposée comme une nécessité pour attirer la main-d'œuvre; mais ce cas est le moins fréquent et il reste beaucoup à faire dans les centres anciens de production, où les progrès rapides de l'industrie ont amené une affluence excessive de population ouvrière.

Là l'insuffisance des logements, la cherté des loyers sont devenus de sérieux obstacles à la prospérité des exploitations et ont déterminé les compagnies à construire elles-mêmes des maisons; malheureusement elles ne se sont engagées dans cette voie qu'à regret et par nécessité. De nouvelles habitations se sont élevées afin de pourvoir à de nouveaux besoins; et la situation générale de la population est restée aussi mauvaise :

« Dans l'établissement de ces maisons,—dit M. l'ingénieur en chef Rucloux, — nos industriels n'ont eu, du reste, en vue que d'augmenter le nombre des logements. Elles n'ont rien de la maison ouvrière, telle qu'on la conçoit généralement depuis qu'elle a été élevée à la hauteur d'une institution. Aussi elles sont loin d'offrir toutes un logement convenable, encore moins agréable à l'ouvrier, et le but essentiel de l'institution, celui de solliciter l'ouvrier à l'épargne, en lui permettant de devenir acquéreur de son habitation, au moyen de payements partiels échelonnés sur une période plus ou moins longue, a été complétement méconnu. En règle générale, la société se réserve la propriété de la maison et ne la loue qu'à ses propres ouvriers. »

Dans le Borinage, où la population est très-dense (il y a des communes, même rapprochées les unes des autres, qui dépassent 10.000 âmes), mais où les ouvriers habitent depuis un temps immémorial dans le voisinage des fosses, de telle sorte qu'il était inutile de construire des cités ouvrières pour recruter des bras, trois sociétés seulement possèdent des maisons de quelque importance; le nombre total de celles-ci n'est que de 956. Chacune d'elles est louée à un ouvrier ou à une veuve d'ouvrier; on peut compter cinq personnes en moyenne par famille; et comme un seul enfant d'ordinaire est en état de travailler avec le père, les compagnies houillères ne logent guère que 7 p. 100 du nombre de leurs mineurs.

Dans le bassin de Charleroi, les conditions sont bien moins satisfaisantes encore : les sociétés ne possèdent que 278 maisons dépendant des houillères et 135 dépendant des usines; elles logent respectivement 508 et 175 ouvriers, dont les familles réunies ne comprennent guère plus de 2.000 personnes.

« Au sein d'une agglomération comme celle qui nous entoure, — dit l'ingénieur de cet arrondissement, — la nécessité de ces maisons se fait moins sentir. Avec ses idées d'indépendance, le houilleur n'aime pas ces habitations, souvent groupées, qu'il nomme des casernes. Dans son ignorance, il est défiant et croit que, si l'on cherche à l'attirer, c'est pour l'enchaîner ou pour en retirer un bénéfice. Il n'a plus, comme on dit, ses coudées franches. Il résulte de là que ces habitations sont occupées par des étrangers et souvent par des ouvriers médiocres. Les bons ouvriers mêmes n'en veulent pas, et il faudra longtemps avant de déraciner ce préjugé. »

Les maisons ouvrières coûtent le plus souvent de 1.500 à 2.500 francs; l'étendue variable du jardin attenant influe beaucoup sur le prix, qui ne descend pas au-dessous de 1.300 francs. Une maison de 1.300 francs se loue 3 francs par mois environ. Pour des maisons plus importantes, et ce sont les plus nombreuses, le loyer s'élève à 6, 8, 10 et 12 francs; mais alors il

atteint le taux des loyers ordinaires, avec cette différence pourtant que la maison est mieux entretenue et plus propre. Les ouvriers métallurgistes, qui sont mieux rétribués et se considèrent comme d'un rang supérieur, se montrent aussi plus exigeants et payent de 12 à 15 francs par mois un logement plus confortable. L'intérêt des capitaux immobilisés par les compagnies dans ces constructions varie de 2 à 4 p. 100. Pour les maisons attenant aux usines, il dépasse fréquemment ce taux et peut s'élever à 6 p. 100.

Au dehors, les maisons qui sont louées par des propriétaires étrangers, aux célibataires pour 6 ou 8 francs par mois, aux familles d'ouvriers pour 10 à 15 francs, comprennent presque toujours une ou deux pièces au rez-de-chaussée et autant à l'étage, quelquefois une cave, rarement un petit jardin. En général, les pièces sont étroites, incommodes, mal aérées, malsaines :

« De même que ceux qui les habitent,—dit l'ingénieur de Charleroi,—ces maisons sont loin de briller par l'ordre et la propreté. D'ailleurs, ce qui se passe aux environs des siéges d'extraction n'est pas de nature à leur en inspirer le goût; car, s'il est une industrie où l'ordre fait défaut, c'est bien l'industrie charbonnière. Cela provient, sans doute, de ce qu'elle a pris naissance dans la classe ouvrière, pour arriver ensuite dans les régions supérieures de l'industrie, sans toutefois se dépouiller d'une routine qu'il faudra longtemps pour extirper. A l'école des porions, c'est un point sur lequel j'insiste constamment, parce que ce désordre est une source continuelle de pertes, en même temps qu'une tentation pour le vol, vers lequel celui qui n'a rien n'est malheureusement que trop porté, surtout avec les idées qu'on cherche à lui inspirer aujourd'hui au sujet de la propriété. »

« Ce qui, d'après des personnes compétentes, laisse le plus à désirer,—dit encore l'ingénieur principal de Mons, — c'est l'ameublement, si l'on peut appeler de ce nom le peu qui garnit certaines habitations. Il y a plus d'aisance dans le couchant : là, à Dour principalement, se trouve un assez grand nombre de petits propriétaires; l'esprit de la classe ouvrière y est, du reste, beaucoup meilleur. Tandis que, dans les communes du Borinage avoisinant Mons, les grèves ont passé, si je puis m'exprimer ainsi, à l'état d'institution permanente, — vers Dour, nous n'en voyons que de rares exemples, qui sont le plus souvent le contre-coup de celles des communes plus rapprochées de Mons. Il est juste de dire que, dans les fosses à charbon gras de Dour, l'extraction est plus régulière, le salaire moins soumis à des fluctuations et le nombre d'ouvriers occupés moins variable :

« Cette question des grèves m'amène à parler de l'influence qu'ont sur elles les maisons ouvrières.

« Dans le premier arrondissement des mines, dit le formulaire, la société du Grand-Hornu, qui possède un grand nombre de maisons, ne craint pas les coalitions, malgré le voisinage de charbonnages où, pendant longtemps, les grèves se sont reproduites périodiquement. »

« Je crois aussi que la considération de son logement retient l'ouvrier par une certaine crainte. Aussi, je comprends que les sociétés charbonnières tiennent à réserver les maisons qu'elles possèdent à leurs seuls ouvriers; mais il ne faudrait pas non plus (le formulaire en fait, du reste, la réserve) tirer des conséquences trop absolues de coïncidences qui peuvent tenir à beaucoup d'autres causes. . . . .

. . . .

« Dans la plupart des grèves qui se sont produites dans le Borinage, sous l'influence d'excitations extérieures, les ouvriers étaient arrêtés sur les chemins qui conduisaient à leurs travaux; les maisons d'ouvriers sises à proximité des fosses ont le grand avantage de soustraire leurs habitants à ces influences fâcheuses. »

Il y a là pour l'industrie un intérêt de premier ordre, qui commence à stimuler le zèle de quelques compagnies et « semble aujourd'hui les faire entrer dans une voie plus philanthropique » :

« Déjà la société de la Vieille-Montagne, à son établissement de Moresnet, et la Société charbonnière de Wandre ont réalisé, dans une certaine mesure, ce qui a été fait à Mulhouse, en construisant des habitations saines, commodes, agréables, et en donnant à l'ouvrier la possibilité d'en devenir propriétaire (*). »

La société de Couillet (Charleroi) a donné le même exemple.

« Celle de Monceau-Martinet (centre du Hainaut) a fait bâtir des maisons; mais elle a trouvé préférable de laisser ces constructions à l'initiative de l'ouvrier, en l'y engageant au moyen de primes et d'avances de fonds qui lui sont faites sans intérêts..... Ces primes étaient de 200 francs par maison, plus une avance de même somme sans intérêt, remboursable par 10 francs et par quinzaine... Plus de 50 maisons d'ouvriers ont été construites, dans ces conditions, depuis 1854.

« La société a aussi loué 146 maisons dans la même localité. Elle sous-loue, sans bénéficier sur l'ouvrier; faisant même un sacrifice, quand ce prix de location, qui ne dépasse jamais 8 francs par mois, lui paraît un peu élevé. Cette location est retenue à l'ouvrier sur chaque quinzaine, de manière qu'il s'aperçoit peu ou beaucoup moins de cette charge que s'il devait, tous les deux ou trois mois, réunir une somme de 24 à 25 francs. De cette manière, le propriétaire des maisons est assuré d'un payement régulier, ce qui diminue le prix de la location. D'autre part, la société a plus d'action que l'ouvrier auprès du propriétaire pour obtenir les réparations et les améliorations à faire aux maisons (**). »

« Une autre question, qui appelle également la sollicitude des industriels,

(*) Rapport de M. l'ingénieur en chef Rucloux.
(**) Rapport de l'ingénieur principal du Centre du Hainaut.

c'est celle du logement des ouvriers célibataires et des ouvriers étrangers, dont le domicile est trop éloigné des établissements où ils travaillent, pour qu'ils puissent retourner chaque jour dans leurs familles. Dans les centres populeux, ces malheureux sont souvent obligés d'habiter en grand nombre des chambres mal aérées, où ils se partagent de mauvaises couches, rarement vierges d'occupants et rarement renouvelées. Sans gîte, en quelque sorte, ils n'ont d'autre ressource que le cabaret, qu'ils trouvent, du reste, chez celui qui les loge et de la part duquel ils ne sont que trop souvent l'objet d'une véritable exploitation.

« Pour cette catégorie d'ouvriers, le système de casernes pourrait convenir, à la condition qu'elles fussent peu populeuses et soumises à une surveillance rigoureuse, afin d'y maintenir l'ordre et la propreté (*). »

IX. — Régime alimentaire.

Au fond des mines, l'ouvrier se nourrit de pain, avec du beurre ou du fromage blanc, et d'un petit café qu'il apporte dans une gourde de fer-blanc. Le repas principal, qu'il fait d'ordinaire à la maison, se compose surtout de pain blanc (qu'il veut de bonne qualité), de soupe aux herbes, de légumes, de pommes de terre, souvent de viande (généralement deux fois par semaine, disent la plupart des formulaires); quant à la boisson, trop de bière et de genièvre, telle est la réponse uniforme.

Généralement les établissements n'interviennent pas pour faciliter le payement des acquisitions de toutes sortes faites par leurs ouvriers. Parfois des avances sont accordées, dans un but déterminé; mais des retenues ne sont pratiquées sur le salaire que dans des cas très-rares, d'accord entre l'ouvrier et son créancier, et jamais pour des dépenses de cabaret. Toutefois des condamnations judiciaires frappent fréquemment le salaire de saisie-arrêt pour dettes, et prescrivent ainsi les retenues auxquelles les compagnies répugnent.

Dans les usines métallurgiques, où le travail s'exécute à côté d'un foyer ardent, l'ouvrier a souvent besoin de se désaltérer; aussi peut-il aller le faire à crédit dans des cantines dépendantes de l'établissement. Cependant quelques sociétés n'ont jamais voulu patronner des cantines ou leur ont retiré ce patronage. Il n'en existe pas de semblables près des charbonnages; mais, devant chaque fosse, s'élèvent des cabarets, où l'on fait facilement crédit à l'ouvrier, sachant que le jour de la paye, on l'arrêtera, la poche

(*) Rapport de M. l'ingénieur en chef Rucloux.

pleine, au sortir du bureau. Souvent aussi certaines catégories d'ouvriers sont soldées en bloc; pour le partage, le cabaretier prête volontiers sa salle.

« Il existe encore quelques charbonnages où des employés inférieurs tiennent des débits de liqueurs, d'épicerie, etc. C'est là un abus manifeste, — dit l'ingénieur qui le signale, — abus contre lequel on s'est déjà élevé à diverses époques et qui, s'il diminue, garde encore de trop fortes proportions; mais c'est aux conseils d'administration des charbonnages à introduire cette réforme. Tout, du reste, ne sera pas pour le mieux, quand plus un seul employé de charbonnage ne tiendra commerce. Pourra-t-on empêcher les filles, les sœurs de venir tenir débit dans le voisinage des fosses? Il n'y a pas à douter que cet état de choses n'existe, et il n'est pas moins certain que l'ouvrier se croira toujours dans l'obligation morale d'aller s'approvisionner là plutôt qu'ailleurs.»

Il arrive trop souvent que l'ouvrier est exploité par des commerçants, qui lui font crédit volontiers jusqu'au moment où, la dette excédant ses ressources, ils le tiennent pour ainsi dire à leur merci. Dans les petites localités, le mal s'aggrave encore par le défaut de concurrence. C'est pour mettre l'ouvrier à l'abri de telles manœuvres que diverses sociétés ont institué des magasins de denrées alimentaires, où il s'approvisionne jusqu'à concurrence du montant des sommes qui lui sont dues, et ont contribué parfois aussi à l'établissement de maisons de commerce, qui font des ventes en détail, sous le contrôle de la société et à des conditions déterminées.

Les sociétés des Produits, de Marcinelle, Châtelineau, Courcelles (houillères du Hainaut), Couillet, Châtelineau (usines à fer du Hainaut), Floresse (manufacture de glaces), achètent des farines qu'elles revendent, soit au prix courant, soit à 10 p. 100 au-dessous des prix du commerce. La société houillère de Bois-du-Luc (Charleroi) moud elle-même les grains dont elle vend la farine sans bénéfices. Celle de Strépy-Bracquegnies (centre du Hainaut) a établi, en outre, une boulangerie à prix réduits; les sociétés métallurgiques de Couillet (Charleroi) et d'Engis (Nouvelle-Montagne) en possèdent deux autres.

Toutefois, ces institutions sont loin de réussir partout :

« Au Borinage, en effet, — dit l'ingénieur de cet arrondissement, — les magasins de denrées alimentaires que le formulaire a en vue seront toujours considérés avec défiance par les ouvriers. Ils croiront que cette opération n'a que le lucre pour but, et les directeurs de charbonnages ne se soucieront guère d'être plus suspectés encore par leurs ouvriers.

« La société du Grand-Hornu avait organisé une boulangerie, pour fournir à ses ouvriers du pain de bonne qualité au prix de revient; cette boulangerie a dû être fermée, après peu d'années, les ouvriers refusant de s'y approvisionner. Le charbonnage des Produits » (le seul, pouvons-nous ajouter, dont l'administration ne se soit point laissé décourager au Borinage par des essais infructueux), « déclare qu'il achète des farines en gros, pour les revendre en détail au prix coûtant et même quelquefois au-dessous de ce prix, mais que très-peu d'ouvriers ont voulu jusqu'ici profiter des avantages que cette opération leur présentait. »

Les mêmes obstacles se sont rencontrés ailleurs, notamment à l'usine de Valentin-Cocq (Vieille-Montagne), dont les propriétaires ont dû reculer devant le mauvais vouloir des intéressés. Quant aux sociétés qui n'ont encore fait aucun essai, elles considèrent « presque toutes l'institution, par leurs soins, de magasins de denrées alimentaires comme ayant peu de chances de succès (*). » Ces répugnances n'empêchent point M. l'ingénieur en chef Rucloux de la recommander, « sans se laisser arrêter par la crainte de mécontenter le commerce local, dont l'intérêt ne doit pas primer celui de l'ouvrier aux yeux de l'industriel. »

« La mesure a été critiquée, — dit-il; — on voit, par les cahiers de l'enquête, que bon nombre de nos directeurs et de nos exploitants la considèrent encore comme présentant des inconvénients, des difficultés d'application, et même comme pouvant donner lieu à des abus regrettables; mais ce sont là des préventions, qui devraient disparaître devant l'expérience faite aujourd'hui; celle-ci nous la montre comme parfaitement pratique et applicable, avec grand avantage pour l'ouvrier, à tous les établissements d'une certaine importance.

« L'on a dit, et je tiens à relever ce reproche, qui ne repose sur aucune espèce de fondement, que le magasin permettait à l'ouvrier à court d'argent de s'en procurer, en se faisant délivrer des marchandises qu'il allait ensuite revendre aux détaillants de la localité. Cet abus se commet, en effet; mais en quoi est-il spécial au magasin? L'ouvrier ne peut-il pas user, de la même façon, du crédit dont il jouit chez le boutiquier où il s'approvisionne habituellement? Au lieu de le favoriser, le magasin y serait, au contraire, un obstacle, si l'on voulait se donner la peine de limiter, pour chaque ouvrier, les quantités de denrées qu'il pourrait se faire délivrer, en ayant égard à la situation de sa famille ; car, le magasin tuant le crédit de l'ouvrier chez le détaillant, celui qui aurait usé de ce moyen pourrait, pendant le temps où il ne lui serait plus donné d'avoir recours à l'établissement, se trouver très-embarrassé de se procurer pour sa consommation, les denrées dont il aurait trafiqué. »

L'expérience sur laquelle s'appuie l'ingénieur en chef de Liége

(*) Rapport de l'Ingénieur principal du Centre du Hainaut.

est poursuivie avec succès, depuis plusieurs années, aux charbonnages du Bois-de-la-Haye (Charleroi), d'Ougrée et de Wandre (province de Liége), aux usines métallurgiques de Schlessin et de Corphalie (*idem*), à la manufacture de glaces de Sainte-Marie d'Oignies (Hainaut), dont les propriétaires ont fondé des magasins généraux de denrées alimentaires et même des fourneaux économiques.

La société du Bleyberg se borne à recommander une maison de commerce, dont elle surveille les opérations. Les sociétés de Vedrin et Saint-Marc (Namur), d'Angleur (Vieille-Montagne), d'Engis (Nouvelle-Montagne), de Monceau-Fontaine et Martinet (houillère), livrent à prix réduits, seulement en cas de cherté, des pommes de terre, du bœuf et du lard d'Amérique. Les exemples ne sont pas encore, comme on le voit, si nombreux qu'on doive renoncer à les énumérer.

La plupart des magasins permanents ne vendent pas au prix coûtant, mais le plus souvent avec un certain bénéfice, qui tantôt est employé à des œuvres utiles pour la classe ouvrière (subventions aux caisses de secours, fondation d'écoles gardiennes ou de bibliothèques populaires), tantôt est distribué entre les clients dans la proportion des achats qu'ils ont faits. Ce dernier système, dans l'opinion de M. Rucloux, « doit être jugé le meilleur, parce que c'est celui qui se rapproche le plus de l'association coopérative de consommation, dont il procure à l'ouvrier tous les avantages... Il lui fournit un moyen facile d'épargner, en le mettant, à un moment donné, en possession d'une certaine somme, montant des économies réalisées sur ses emplettes. »

« Quelques efforts ont été faits pour décider les ouvriers à se charger eux-mêmes de la gestion de ces magasins et à en faire des œuvres exclusivement coopératives. » Ce résultat a été en partie atteint au Bois de la Haye, où la caisse de secours fournit le fond de roulement de l'entreprise, qui vend les denrées au prix de revient, sous la surveillance d'une commission de quinze ouvriers. Nous rencontrons ici un exemple de contrôle exercé par les délégués des intéressés; de même que nous avons vu, dans d'autres magasins administrés par les patrons, des exemples de partage des profits entre les acheteurs, considérés comme des actionnaires. Ces deux caractères réunis constituent la coopération; sous cette forme, les essais pour l'établir sont généralement restés infructueux.

« On conçoit, en effet, que l'ouvrier se montre peu disposé à engager un

intérêt quelconque dans un établissement qu'il peut quitter, en quelque sorte, du jour au lendemain, et ceci est surtout vrai pour l'ouvrier mineur, auquel la fixité semble tout à fait inconnue (*). » — « Il y a, d'ailleurs, chez l'ouvrier charbonnier, autant, sinon plus, de défiance à l'égard de son compagnon qu'à l'égard de son chef. » — « Il tient, avant tout, au crédit qu'il peut trouver chez le petit détaillant et ne réfléchit pas à quel taux il le paye (**). » — « L'instruction n'est pas assez répandue dans les masses; l'esprit d'association y fait défaut, et, si parfois il s'y introduit, ce n'est qu'en vue du mal (***). »

En effet, les patrons mêmes, qui ont le mieux réussi dans la création de magasins de denrées, se soucient peu d'en remettre la direction à leurs ouvriers; ils craignent que la coopération ne soit détournée de son véritable objet et ne transforme des institutions utiles en sociétés de résistance.

Aussi les ingénieurs ont-ils peine à se mettre d'accord sur le point d'où doit partir l'initiative en cette matière. L'un pense qu'elle doit être prise par l'ouvrier lui-même, « afin de lui laisser la responsabilité d'affaires qui, par leur nature spéciale, prêtent plus facilement à la suspicion des administrés vis-à-vis des administrateurs » ; l'autre met plus de confiance dans « le patronage, sinon des administrations communales, au moins des personnes notables habitant la commune. » Un troisième n'aperçoit pas de moyen pratique d'encouragement. Un autre enfin s'adresse franchement aux patrons et leur demande de donner un salutaire exemple :

« Dans son état actuel d'instruction,— dit M. Rucloux,— on ne peut espérer voir l'ouvrier s'engager de lui-même dans la pratique de ces idées nouvelles; il est nécessaire qu'on l'éclaire, non par des théories, mais, ce qui vaudra beaucoup mieux, en lui montrant le système coopératif à l'œuvre. C'est donc aux chefs d'industrie à prendre l'initiative; qu'ils fassent ensemble ce que plusieurs d'entre eux ont déjà fait isolément, c'est-à-dire qu'ils établissent à frais communs des *magasins de denrées alimentaires*, des *boulangeries*, des *fourneaux économiques*. Ces établissements créés et fonctionnant, l'ouvrier se familiarisera avec leur organisation, se rendra compte des avantages qu'il peut en retirer, et nul doute qu'on ne le voie alors prendre une part active au développement de ces institutions, dont on ne peut méconnaître la grande utilité.

« L'exemple est, du reste, déjà donné dans nos villes. Sans parler de Verviers, où l'on compte, paraît-il, plusieurs sociétés coopératives, il en existe

(*) Rapport de l'ingénieur en chef de Liége.
(**) Rapport de l'ingénieur principal du centre du Hainaut.
(***) Rapport de l'ingénieur principal du Borinage.

une à Liége, sous le nom de l'*Équité*, pour l'achat en gros des denrées, et une autre qui s'est créée dans le but de fonder des établissements d'alimentation économique dans les divers quartiers industriels de la ville. »

Ajoutons que l'*Équité* est vivement recommandée aux ouvriers par les industriels de Liége, notamment par les sociétés de l'Espérance (usine à fer) et de Bonnefin (houillère), qu'elle dispense d'organiser des établissements semblables et distincts pour leur personnel. En effet, le peu de progrès réalisé en Belgique, jusqu'à ce jour, pour y développer le système coopératif, est encore dû à la sollicitude des chefs. Une application excellente en a été faite au grand établissement de la société Cockerill, à Seraing, où les ouvriers de la fonderie et de la fabrique de fer, au nombre de près de 4.000, se sont associés pour la préparation d'un repas économique :

« La société fournit le réfectoire, le feu et une ménagère. Chaque participant paye 2 francs par quinzaine de jours de travail et reçoit, à l'heure du repas, un litre de potage et 1/10 kil. de viande environ, qu'il peut consommer sur place ou emporter dans son ménage. A la fin de chaque quinzaine, un tableau, indiquant les recettes et les dépenses, est affiché sur la porte du local, et, s'il existe un boni, il est porté au compte de la quinzaine suivante.

« La société de la fabrique de fer d'Ougrée, dont la direction zélée et intelligente mérite d'être citée, pour sa sollicitude en faveur de l'ouvrier et pour les institutions qu'elle a réalisées, s'occupe de créer chez elle une association analogue et fait, à ses frais, les installations nécessaires. »

Ailleurs, des essais faits dans le même sens ont également réussi. L'établissement métallurgique de Moresnet (Vieille-Montagne) accorde à la société coopérative formée par ses ouvriers l'usage gratuit de sa boulangerie et des avances de fonds, pour faire des achats en gros. Enfin les magasins de denrées alimentaires de Grivegnée (fabrique de fer) et du Val-Saint-Lambert (gobletterie à Seraing) sont devenus de véritables associations de consommation, depuis qu'une commission d'ouvriers préside aux achats, fixe les prix de vente et répartit les bénéfices, au prorata des emplettes de chaque membre.

Il est digne de remarque que ces divers établissements sont tous situés dans la province de Liége, dont la population ouvrière paraît généralement animée d'un meilleur esprit que celle du Hainaut. Aussi l'ingénieur en chef de Liége est-il, entre tous ses collègues, le plus confiant dans le succès des associations qu'il préconise. Il ne se dissimule pas toutefois que la coopération « entre ouvriers

d'un même établissement n'est praticable que dans des limites assez restreintes :

« L'instabilité de l'ouvrier,—dit-il,—y est un obstacle, comme nous l'avons déjà représenté ; de plus, ces associations, exigeant, pour produire tous leurs avantages, que leurs opérations se fassent sur une grande échelle, ne sont réalisables dans de bonnes conditions que dans les établissements occupant un nombre considérable de travailleurs. Elles pourraient être tentées avec succès dans les grands établissements isolés, où l'ouvrier est tenu à plus de fixité par défaut d'autres moyens de travail ; mais, dans nos centres populeux, c'est à la constitution d'associations générales que ces industriels doivent viser. Plus ces associations seront nombreuses, plus leurs profits seront grands ; plus elles seront indépendantes, plus facilement amènera-t-on l'ouvrier à y participer. »

X. — Hygiène et soins médicaux.

Bains et lavoirs. — L'établissement, près des charbonnages, de bains et lavoirs avec buanderie, était vivement recommandée par la circulaire ministérielle. Il répondrait tout à la fois à un intérêt hygiénique évident et à un intérêt moral, puisqu'il épargnerait à l'ouvrier la nécessité de procéder à des soins de propreté intime sous les yeux de sa famille, dans l'unique pièce qui trop souvent compose son logement. Cette mesure procurerait, en outre, une économie doublement avantageuse à l'ouvrier, si l'établissement se chargeait gratuitement du blanchissage des habits de travail, car la saleté que le mineur rapporte chez lui rend le propriétaire plus exigeant à son égard et lui impose une certaine augmentation de loyer. L'économie serait plus sérieuse encore pour les célibataires, qui, logeant en garni, sont obligés de recourir aux soins intéressés des ménagères de la maison pour l'entretien très-dispendieux de leurs vêtements.

L'institution est trop récente encore pour avoir pris de grands développements. En Hainaut, le charbonnage du centre de Gilly possède seul quelques baignoires ; mais elles sont peu fréquentées par les ouvriers, et ne servent guère qu'aux employés et aux porions. Dans la province de Liége, il n'en existe qu'aux houillères de Six-Bonniers, de Marihaye et d'Angleur.

L'organisation adoptée à Six-Bonniers a été, dès le principe, très-bien accueillie, parceque la société, non contente de prendre à sa charge l'entretien des costumes de mine, les donne à l'ouvrier et ne les lui porte en compte que dans le cas de départ anticipé. A Marihaye, une retenue de 0f.75 par quinzaine a compris la

faveur et le succès de l'innovation. A Angleur, la fréquentation des bains et le lavage des habits sont gratuits, mais l'ouvrier fournit à ses frais les vêtements.

Il est probable que ce genre d'établissement se répandra, lorsque l'importante société du Levant de Flenu (Hainaut) aura mis à exécution le projet de l'introduire dans ses exploitations. Déjà l'exemple donné par quelques houillères du pays de Liége semble devoir être prochainement suivi dans le voisinage.

Soins médicaux et caisses de secours. — Toutes les exploitations de mines en activité, — à l'exception de celle de Bernissart (Charleroi), qui pourvoit elle-même aux besoins de ses blessés et de leurs familles jusqu'à la guérison ; de celles d'Argenteau, de l'Espérance à Wanze et de Tramaka (Liége), qui n'occupent qu'un petit nombre d'ouvriers ; de celles de Thy-le-Château et Biesmerie, auxquelles il faut ajouter quelques houillères insignifiantes de la province de Namur, — possèdent des caisses de secours, alimentées principalement par un prélèvement de 1 1/2 à 2 1/2 p. 100 sur les salaires.

Des caisses analogues fonctionnent aussi près des grandes usines métallurgiques et commencent à se répandre dans les établissements de moindre importance.

Elles viennent en aide à l'ouvrier blessé, auquel elles accordent, outre les soins médicaux, une indemnité de chômage qui s'élève d'ordinaire à 50 p. 100 du salaire. L'indemnité est moindre pour l'ouvrier malade ; parfois les soins gratuits s'étendent même aux membres de la famille de l'ouvrier affilié à la caisse de secours.

Il est étrange que les médicaments ne soient pas toujours délivrés gratuitement, même aux blessés. « Tout récemment encore, les distributeurs d'un des bureaux de bienfaisance du Borinage se plaignaient officiellement de ce qu'une bonne partie de leurs ressources était dépensée en frais de médicaments pour les ouvriers de mines, qui, blessés dans l'exercice de leur travail et ne pouvant obtenir des caisses des charbonnages les médicaments dont ils avaient besoin, venaient se réfugier auprès d'eux. »

Des médecins sont attachés à tous les établissements ; ils visitent les malades à domicile dans un rayon qui d'ordinaire ne dépasse pas une lieue, sauf à se faire remplacer, pour les distances plus grandes, par un confrère, à charge de retour ou aux frais de la caisse. Du reste, les ouvriers peuvent toujours aller les consulter chez eux gratuitement ; et, au siége des grandes exploitations, il y a une salle de consultation, où ils sont tenus d'être présents à des heures déterminées.

Il est peu d'établissements qui possèdent, à proprement parler, une infirmerie où les malades peuvent être soignés jusqu'à leur complète guérison. Le plus souvent, le local contient quelques lits, disposés seulement pour donner les premiers soins aux blessés qu'il serait dangereux de transporter sur l'heure à domicile.

Les infirmeries ne sont utiles que dans les établissements isolés; pour ceux qui se trouvent à proximité des villes, il y a profit à s'assurer l'accès dans les hôpitaux considérables, où le traitement sera moins coûteux et le service plus régulier. Quant aux industriels privés de cette ressource, ils pourraient se concerter pour former des groupes d'établissements voisins, dont les ouvriers seraient soignés dans une vaste infirmerie construite à frais communs.

Toutefois, de semblables projets ne laissent pas de rencontrer des obstacles, même de la part de ceux qui en recueilleraient toute l'utilité. L'ouvrier éprouve pour l'hôpital une répugnance que les sociétés du Couillet et de Châtelineau (centre du Hainaut), animées des plus louables intentions, n'ont pu vaincre que par la rigueur, en privant de tout salaire, même réduit, pendant la durée de leur incapacité de travail, les malades qui refusaient de se faire soigner à l'infirmerie.

Les sociétés de Mariemont, de Monceau-Martinet, du Bois-du-Luc (Charleroi), celles de Cockerill, d'Engis (Nouvelle-Montagne), de Grivegnée, du Bleyberg (province de Liége), ont aussi établi des infirmeries plus ou moins vastes. Le Borinage n'en possède qu'une, celle du Charbonnage du Grand-Hornu, qui, dans les cas graves, reçoit les ouvriers du charbonnage voisin du Grand-Buisson : « Le service en est fait par un personnel spécial, et les frais (qui se montaient, pour l'année 1868, à 6.500 francs) sont supportés par la caisse de secours du Grand-Hornu. Comme cette caisse, très-généreuse, met, chaque année, à la charge du charbonnage un déficit à combler, beaucoup plus considérable que ne le présentent les caisses des établissements voisins, c'est, en réalité, le charbonnage qui supporte tous les frais occasionnés par cet hôpital. » Enfin huit sociétés charbonnières ont accordé, en 1868, une subvention de 4.680 francs à l'hospice de Jemmapes, dirigé par les petites sœurs des pauvres.

XI. — INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE.

Caisses de pensions. — Presque tous les établissements miniers de Belgique sont affiliés à des caisses de prévoyance, établies, sous le patronage de l'État, dans chacun des bassins du Couchant de Mons, du Centre du Hainaut, de Charleroi, de Namur, de Liége. Cette ressource manque aux ouvriers des établissements métallurgiques, qui sont exclus par les statuts des caisses précédentes, ouvertes seulement aux mineurs de toutes sortes, même à ceux des exploitations libres de minerai de fer. On doit cependant relever quelques abstentions importantes; dans le Borinage, celle des trois sociétés charbonnières de la Grande Machine à Feu de Dour, des Vingt-quatre Actions et de Belle-et Bonne, qui chacune ont une caisse particulière destinée à secourir leurs propres ouvriers; dans le centre du Hainaut, celle de Fayt-Bois d'Haine, de Péronnes, de Bernissart, dont la société pourvoit elle-même aux besoins de son personnel, des familles, des veuves et des enfants, des plus anciens employés; dans les provinces de Namur et de Liége, celle de quelques charbonnages qui ne comptent pas au nombre des plus importants, Crahay, Minerie, Burton, Val-Notre-Dame, Bois de Gives et Chêneux-Vahairon, auxquels il faut joindre quelques exploitations métalliques, Wedrin et Saint-Marc, Thy-le-Château, Moresnet (Vieille-Montagne), Tramaka et Lovegnée. Les exceptions sont assez rares pour être citées. Dans le bassin de Charleroi, il n'en existe pas une seule. Or le nombre total des houillères s'élève à 84 dans le Hainaut (Mons, 25; Centre, 21; Charleroi, 38), dans la province de Namur à 21, dans celle de Liége à 63; le nombre des mines métalliques est de 9, dans la province de Namur, et de 16 dans celle de Liége.

Les ressources et les opérations des caisses de prévoyance sont à peu de chose près semblables; il suffira de les indiquer pour l'une d'elles, celle de Liége par exemple :

« Cette caisse, — dit M. l'ingénieur en chef Rucloux, — dont les fonds sont formés par une retenue de 3/4 p. 100 sur les salaires, par une subvention d'égale importance fournie par les exploitants, enfin par des subsides du gouvernement et de la province, accorde :

« 1° Des secours viagers aux ouvriers infirmes, aux veuves des ouvriers morts à la suite d'accident et même à leurs ascendants, lorsqu'ils sont sans ressources;

« 2° Une pension temporaire aux enfants en bas âge dont le père ou la

mère a péri par accident, mais seulement, dans le dernier cas, lorsqu'ils ne possèdent plus leur père, ainsi qu'aux jeunes frères et sœurs dont l'ouvrier défunt était l'unique soutien.

« Ces pensions et secours sont accordés sur les bases suivantes :

« Les ouvriers infirmes reçoivent 11 francs par mois, lorsqu'ils sont âgés de moins de 70 ans, et 13 francs lorsqu'ils ont dépassé cet âge ;

« Les ouvriers mutilés par accident sont rangés dans trois catégories, selon la gravité des blessures :

« Pour la première catégorie, la pension est fixée à 10 francs par mois, pour la seconde à 15 francs et pour la troisième à 20 francs.

« La pension accordée aux veuves est de 10 francs par mois, lorsqu'elles sont âgées de moins de 45 ans, de 12 francs lorsqu'elles ont de 45 à 60 ans et de 14 francs lorsqu'elles ont plus de 60 ans. Elles reçoivent, en outre, 4f,50 pour chaque enfant au-dessous de 12 ans.

« Les pensions des ascendants sont réglées sur le même pied que celles des ouvriers infirmes.

« Le taux des pensions est, on le voit, assez modique. Quelque louable que soit le désir de consolider la situation de la caisse par l'augmentation du fonds de réserve, il ne faut pas cependant l'exagérer au point de faire dévier l'institution de son but. Or il est presque dérisoire d'accorder à un ouvrier mutilé de la troisième catégorie, dans laquelle on range ceux qui sont *tout à fait incapables* de travailler, une pension de 20 francs par mois, soit 0f,66 par jour, pour subvenir à ses besoins et à ceux de sa famille. Si les ressources de la caisse ne lui permettaient pas d'être plus généreuse, on devrait aviser au moyen de les augmenter, comme elle l'a déjà fait en 1865, en décidant de porter la cotisation des exploitations associées de 1 à 1 1/2 p. 100 du montant des salaires ; mais, aujourd'hui que la caisse compte trente années d'existence et qu'il y a lieu de considérer la progression des charges comme réduite au seul terme résultant de l'extension de l'industrie minière, extension qui augmente également les ressources, que le fonds de réserve a atteint la somme de 1,200,000 francs environ, et que les revenus de la caisse lui laissent chaque année un boni important, il semble que, sans compromettre sa situation et sans avoir besoin d'appeler de nouveaux fonds, elle pourrait augmenter le taux des secours, du moins à l'égard de certaines catégories de pensionnaires, dont la position est exceptionnellement malheureuse.

« Quelques sociétés accordent des pensions supplémentaires aux vieux ouvriers qui leur ont rendu de longs services. Le montant de ces pensions est quelquefois prélevé sur les fonds de la caisse de secours, ce qui peut paraître un abus. »

A défaut des caisses patronnées par l'État, les sociétés métallurgiques Cockerill et de la Vieille-Montagne ont créé des caisses spéciales de prévoyance, qui accordent des secours aux invalides, aux vieillards et aux familles des ouvriers morts par suite d'accident ou même de maladie, ce que ne fait pas la caisse générale. « Celle

de la Vieille-Montagne reçoit de la Société une subvention égale au produit des retenues sur les salaires; elle est administrée par un comité central, assisté, pour les divers établissements, de commissions permanentes dans lesquelles on a laissé une large part d'intervention à l'ouvrier lui-même. C'est là un bon exemple à suivre. La chambre de commerce de Mons, en effet, a proposé d'appeler un plus grand nombre de délégués des ouvriers dans les comités d'administration des caisses de prévoyance, et de distribuer à profusion un résumé clair et succinct de tout ce qui a été fait depuis leur fondation.

« Je suis d'avis,—ajoute l'ingénieur principal du Borinage, — que l'administration doit souscrire à ces vœux et les appuyer. Les opérations de la caisse de prévoyance ont été, tout récemment encore, dans les meetings du Borinage, l'objet de telles attaques, que je crois qu'il serait bon de donner plus de publicité à ces comptes rendus et de distribuer parmi la classe ouvrière, ou d'afficher, à sa portée, un bilan annuel des opérations de cette caisse, qu'elle a, comme bailleur de fonds, droit de connaître et dont elle ne pourra ainsi nier les bienfaits. »

Les mêmes observations s'appliquent à la direction des caisses de secours particulières établies auprès de toutes les exploitations, pour procurer des soins aux ouvriers blessés et malades, jusqu'à leur guérison, et jusqu'à l'expiration du délai requis pour participer à la caisse générale de prévoyance :

« Je me plais à croire, — dit l'ingénieur principal de Charleroi, — que les caisses de secours sont paternellement administrées par les sociétés industrielles. Cependant j'aimerais mieux les voir régies, comme les caisses de prévoyance, par des statuts et administrées par un comité dont feraient partie un certain nombre d'ouvriers. Je sais bien qu'au fond, c'est l'exploitant qui alimente ces caisses et que l'ouvrier, dans son ignorance, ne considère comme salaire que l'argent qu'il reçoit ; je sais bien aussi qu'en entrant dans un établissement, l'ouvrier est censé connaître et accepter les choses établies. Il n'en est pas moins vrai que, dans la forme adoptée, on peut dire que les ressources sont constituées par des retenues sur le salaire.

« L'admission de l'ouvrier dans l'administration de ces caisses aurait pour but de faire taire les attaques dont ces institutions sont aujourd'hui l'objet, soit de la part d'un certain public, soit de la part de la classe ouvrière elle-même ; elle pourrait, en outre, contribuer à l'instruction et à l'éducation de l'ouvrier, l'initier à la vie administrative et sociale, lui donner des idées d'ordre et d'économie, le retirer de l'isolement dans lequel il se meut, le relever vis-à-vis du public et de ses semblables, lui faire apprécier l'utilité et les bienfaits de ces associations, en un mot, le former comme homme et comme citoyen, et l'attacher davantage à l'industrie et aux institutions du

pays. Qui sait si ces caisses, constituées sur des bases solides et connues, ne pourraient pas, un jour, devenir des succursales des caisses d'épargne, où le bon ouvrier laisserait le surplus de son salaire pour en retirer un intérêt? »

Caisses d'épargne. — Les caisses d'épargne, dont nous sommes amenés à parler, sont dues à l'initiative soit de l'État, soit des compagnies. Des succursales de la caisse de l'État existent en grand nombre au sein des populations ouvrières, non-seulement dans les villes industrielles comme Mons et Liége, mais en plein Borinage, à Élonge, à Dour ou au siége même des exploitations, comme au Bleyberg. Plusieurs sociétés, celles de la Vieille-Montagne, des Six-Bonniers, d'Ougrée (province de Liége), ont fondé des caisses d'épargne particulières, qui reçoivent les sommes les plus modestes et offrent à l'ouvrier, outre un intérêt élevé (5 p. 100), de grandes facilités de retrait.

D'autres compagnies, celles de Grivegnée, du Val Saint-Lambert, se chargent de procurer elles-mêmes aux ouvriers des livrets de la caisse de l'État, de faire les versements et remboursements qu'ils désirent, en leur évitant les déplacements et les frais. Enfin plusieurs associations ont été formées parmi les ouvriers, grâce aux efforts d'hommes dévoués, pour l'achat d'obligations à prime, sur les fonds réunis au moyen de versements périodiques peu élevés.

« Ces associations,—dit l'ingénieur en chef de Liége,—constituent l'un des meilleurs moyens de propager l'épargne, en ce qu'elles permettent à l'ouvrier le placement de petites sommes, dont il peut se priver sans se gêner, et l'amènent à contracter l'habitude et le goût de l'économie, en l'obligeant à continuer ses versements, sous peine de perdre ceux qu'il a déjà faits. L'une de ces associations s'est fondée, il y a un an, entre les ouvriers du *Val Saint-Lambert*, et les souscriptions sont déjà arrivées au chiffre considérable de 1.000 par mois.

« Cet établissement du *Val Saint-Lambert* est un exemple à citer pour l'importance du chiffre qu'y a atteint l'épargne. D'après les déclarations de la direction, sur une population de 1.448 ouvriers comprenant 825 hommes adultes, on en compte plus de 90 qui sont propriétaires d'immeubles, 57 qui ont en dépôt à la caisse d'épargne une somme globale de 22.573f,50, et l'on sait qu'entre eux tous, ils possèdent des titres de la compagnie et de la Société générale, sous le patronage de laquelle s'est fondé l'établissement, pour une valeur de plus de 106.000 francs.

« Mais l'ouvrier qui économise est l'exception ; généralement, il vit dans la plus grande insouciance de l'avenir, dépensant tout ce qu'il gagne et limitant son travail au salaire qui lui est nécessaire pour satisfaire aux besoins de sa famille et à ses dépenses de cabaret. »

Mentionnons en terminant les vœux émis dans les cahiers d'en-

quêtes par deux directeurs d'exploitation, l'un pour l'institution d'un *privilége* en faveur des caisses de secours et des caisses d'épargne, dont les fonds échapperaient ainsi aux risques de faillite des établissements dont elles dépendent; l'autre pour l'établissement, dans les campagnes, de sous-comptoirs de la caisse d'épargne de l'État, qui seraient mieux à portée de l'ouvrier, par exemple, aux chefs-lieux de canton, chez les receveurs des contributions.

XII. — Instruction et état moral.

« L'instruction, on ne peut assez le répéter,— avec l'ingénieur en chef de Liége,—sera toujours le grand remède aux maux et aux vices de l'ouvrier. Sans elle et quoi qu'on fasse pour propager les institutions utiles destinées à lui faciliter le bien-être, l'ouvrier sera toujours l'homme que nous connaissons aujourd'hui, obéissant à ses instincts et à ses passions, dépourvu de discernement et de prévoyance. C'est donc à répandre l'instruction que doivent surtout tendre les efforts des gouvernants, et c'est en cela que leur action peut réellement s'exercer d'une manière efficace. Jusqu'à présent, on s'est refusé chez nous à adopter le principe de l'instruction obligatoire; on s'effraye de porter atteinte à la liberté individuelle, en édictant des pénalités contre les parents qui négligeraient d'envoyer leurs enfants à l'école. Je conçois ces scrupules, quoique, la jouissance des droits individuels étant, en principe, subordonnée aux exigences de l'intérêt général, il ne faille pas exagérer le respect de ces droits, au point de laisser l'État désarmé en face de l'ignorance, du moment que l'on peut voir, dans celle-ci, un danger pour la société. Mais, sans aller jusqu'à la répression, ne pourrait-on pas, par des mesures moins rigoureuses, qui ne feraient que rompre l'égalité des droits des citoyens au préjudice de l'ignorant, faire naître pour chacun un intérêt puissant à s'instruire? Ne pourrait-on pas, par exemple, établir en règle que les citoyens ne possédant pas un degré déterminé d'instruction seront appelés, avant tous autres, à former le contingent de milice? On objectera peut-être que ce serait rendre les enfants responsables de l'incurie de leurs parents; mais, en réalité, si les moyens d'instruction étaient assez répandus pour être à la portée de tous, l'homme qui, arrivé à l'âge de la conscription, serait resté ignorant, ne serait-il pas lui-même assez coupable pour qu'il n'y eût pas injustice à l'atteindre?

« Comme je viens de le dire, il faudrait naturellement, avant d'adopter des mesures de l'espèce, que les écoles fussent assez nombreuses et les cours organisés de telle façon que chacun, grand ou petit, pût facilement acquérir le degré d'instruction qui serait prescrit. Il a déjà été fait beaucoup sous ce rapport; nous possédons généralement, dans toutes nos communes, de bonnes écoles, où l'enfant de l'ouvrier est admis gratuitement; mais cela ne suffit pas; à côté de l'école primaire, il faudrait des cours d'adultes, qui compren-

draient au besoin l'enseignement des premiers éléments pour ceux qui n'auraient pu les acquérir enfants, et, en tous cas, celui des principes sur lesquels est basée notre organisation sociale et de ceux auxquels l'homme doit soumettre sa conduite. Ce qu'il faudrait encore, ce sont des cours où, par la voie d'encouragement, si cela était nécessaire, on appellerait la jeune fille à venir apprendre les devoirs de la mère de famille, les soins et même les travaux qui incombent à la femme de ménage. Dans cette voie de l'éducation domestique, morale et politique de l'ouvrier, tout est encore à faire et c'est cependant celle où il faut le conduire, si l'on veut en faire un homme rangé, vertueux, économe, comprenant les nécessités sociales et ayant le respect de l'ordre établi. . . . .

. . . .

« La situation actuelle peut, du reste, se résumer comme il suit : des écoles primaires dans toutes les communes, mais qui ne sont fréquentées que par une moitié, tout au plus, des enfants des ouvriers mineurs et d'usines, et jusqu'à l'âge de 12 ans seulement; des écoles d'adultes, mais en nombre très-insuffisant et qui sont peu suivies par les ouvriers dont nous nous occupons; enfin manque presque absolu d'écoles gardiennes, dominicales et professionnelles. »

Les communes ont fait de grands efforts en faveur de l'instruction primaire; les sociétés charbonnières y ont contribué. En 1868, d'après le rapport annuel de la caisse de prévoyance de Mons, six sociétés ont participé aux frais d'instruction des enfants d'ouvriers, pour une somme de 12.744 francs.

La commission administrative de la caisse de prévoyance de Charleroi indique, pour les charbonnages de cette région, les dépenses suivantes en faveur de l'instruction : par les exploitants, 4.961 francs; par la caisse, 4.846 francs; la rétribution moyenne par élève et par mois, a été de 0f,43. Comme ces dépenses sont principalement relatives aux écoles gardiennes ou salles d'asile, il n'est pas inutile de remarquer que les exploitants en font de plus grandes encore pour l'établissement ou l'entretien des locaux.

La moyenne des subsides accordés par la caisse de Charleroi, de 1857 à 1868, n'a pas dépassé 5.600 francs annuellement, et le nombre des sociétés qui les ont obtenus a été de 14 seulement, par année, sur 50 dont se compose l'association. L'assemblée générale, tenue le 8 avril 1869, a mis, pour cette année, à la disposition du comité une somme de 15.000 francs, avec faculté d'en étendre le bénéfice aux écoles d'adultes; mais toute société ou tout exploitant qui fait une demande à cet égard, est tenu d'affecter à la même destination, sur ses propres deniers, une somme au moins égale au montant de la subvention de la caisse de prévoyance.

Dans le centre du Hainaut, l'administration de Monceau-Fontaine a établi des écoles gardiennes, depuis 1853, dans les principaux

scolaires de ses populations ouvrières, à Forchies et à Monceau. Elle a de plus, à Forchies, une école pour les filles, qui compte plus de 300 élèves, et à Monceau, une école pour les garçons, qui est fréquentée par 200 enfants de l'âge de cinq à quatorze ans.

Dans le bassin de Liége, la société d'Ougrée a accordé, en 1868, 150 francs à l'école industrielle de Seraing, et 600 francs à une école d'adultes; elle a prélevé, en faveur du même établissement, une somme égale sur les bénéfices du magasin de denrées alimentaires. La société de la Vieille-Montagne a alloué un subside extraordinaire de 20.000 francs et un terrain pour l'école primaire de Moresnet; la subvention annuelle est de 4.200 francs. La société du Bleyberg intervient dans la construction actuelle d'une école d'adultes par l'État, en fournissant le terrain et un subside de 6.000 francs; celle de Schlessin subvient, pour les trois quarts, aux frais d'entretien des diverses écoles locales.

« L'enseignement professionnel, qui manquait complétement au Borinage, vient d'y être organisé sous l'impulsion de M. l'inspecteur général Jochams. Deux écoles ayant pour but de former, pour les différentes industries, de bons contre-maîtres et de bons ouvriers, et surtout des porions, des machinistes et des chauffeurs capables d'exercer leur profession avec intelligence, ont été fondées, l'une à Pâturages, l'autre à Saint-Ghislain.

« Elles comprennent deux sections : l'une des cours du soir, l'autre des cours du dimanche. Dans ces cours, on enseigne les éléments de la langue française, le calcul et les éléments de la comptabilité, la géométrie pratique, des notions de physique et de chimie générale, la mécanique industrielle, l'exploitation des mines, le dessin et ses applications.

« En présence des vives sympathies qui entourent ces institutions, leur succès ne peut être douteux. Déjà l'école de Saint Ghislain est fréquentée par 60 élèves, savoir : 25 pour les leçons du dimanche et 35 pour les leçons du soir. Parmi ces derniers, 12 se sont fait inscrire pour suivre non-seulement les cours de la semaine, mais encore ceux du dimanche. Quant à celle de Pâturages, 156 inscriptions ont été prises, dont 55 pour des cours du dimanche et 101 pour les cours de la semaine.

« Le dernier rapport de la caisse de prévoyance, d'où nous extrayons ces lignes, engage les sociétés qui se trouvent en position de le faire, à accorder aux élèves de ces écoles, avec certaines indemnités de déplacement, des primes pour l'obtention des brevets de capacité : ainsi l'élève porion ou le porion qui parviendrait à obtenir le brevet de capacité avec grande distinction recevrait 100 francs; celui avec distinction, 75 francs, et celui d'une manière satisfaisante, 50 francs. Faisons des vœux pour que cet appel soit entendu : ces sommes pourraient être distribuées en livrets de la caisse d'épargne. »

Il est curieux d'opposer à ces renseignements, qui semblent annoncer une institution prospère, même dès ses débuts, l'opinion

émise par l'ingénieur principal de Charleroi, au sujet des subsides nécessités par l'adjonction, à l'école industrielle de cette ville, d'une section destinée à former des conducteurs de travaux :

« Comme cette section,—dit-il,—dont l'utilité et la nécessité ne se font as sentir, ne tardera pas à disparaître, faute d'élèves, les communes pourront peut-être, sans faire tort à la section des ouvriers, retirer ces subsides pour les appliquer plus utilement à l'instruction de la classe travailleuse, qui en a si grand besoin. Je crois cependant, si j'en juge par ce qui s'est passé à Charleroi, qu'on obtiendra difficilement des subsides de l'État, à moins d'adopter les programmes stéréotypés de ses écoles industrielles, qui, il faut bien le dire, ne sont pas à la portée de la classe ouvrière de notre bassin. Ces programmes, coordonnés pour trois années d'études, sont peut-être bons pour les villes; mais ils sont trop savants, trop chargés pour que nos ouvriers puissent en retirer tout le fruit désirable. Quel courage et quelle énergie ne faudrait-il pas à un ouvrier pour aller, après un rude labeur de dix à douze heures, assister tous les jours, à l'exception du samedi, à des leçons qui durent deux heures et sont considérablement au-dessus de son instruction première? On ne devrait pas perdre de vue que l'ouvrier industriel a peu de temps à consacrer par jour, *mais qu'il peut disposer de bon nombre d'années*. En admettant qu'il commence à 14 ans, il peut déjà acquérir beaucoup de connaissances jusqu'à 23 ou 24 ans, âge avant lequel il ne doit guère espérer devenir contre-maître, chef de brigade ou porion. »

Des écoles industrielles existent, non-seulement à Charleroi, comme nous venons de le voir, mais à Dour, Houdeng (Hainaut), à Namur, Liége, Seraing et Huy (province de Liége). A Seraing, un sous-ingénieur professe un cours gratuit d'exploitation des mines. Mais peut-être faut-il étendre à toutes ces écoles l'assertion émise, par un des ingénieurs principaux de Liége, au sujet de celle de cette ville, c'est qu'elle n'est fréquentée par aucun ouvrier mineur!

Pour apprécier l'état moral d'une population, il ne faut pas négliger ses plaisirs :

« Les sociétés de chant, d'harmonie, de fanfares, sont nombreuses au Borinage, — dit l'ingénieur de cet arrondissement. Beaucoup de charbonnages les encouragent et je ne sais s'il existe une seule commune industrielle qui n'ait sa société de musique, quelquefois plusieurs. En ce cas, souvent la rivalité s'en mêle, et ces institutions, qui devraient être un trait d'union entre les habitants d'une même commune, y sèment et perpétuent souvent des dissentiments.

« Des sociétés de jeu existent au Borinage, surtout des *sociétés de tir à l'arc*, qui, par l'importance des sommes qu'on s'y dispute, ont un succès qu'on peut qualifier de déplorable. Le jeu de balle est également entré dans les habitudes du Borain. Dans les communes de l'agglomération comme à Mons

même, les *ducasses* comprennent, comme réjouissance, un concours au jeu de balle, où les sociétés des communes à la ronde viennent se disputer les prix. La lutte, les jours de décision, est suivie avec passion par les habitants des communes dont les parties sont en lice. »

Après la lecture de cet exposé, on restera convaincu, — comme l'ingénieur auquel nous avons emprunté la dernière citation, — que, si de nombreux efforts ont été faits pour l'amélioration des conditions d'existence de la classe ouvrière de l'industrie minérale ou métallurgique en Belgique, il reste encore beaucoup à faire sous ce rapport; mais, chacun apportant sa pierre à l'édifice, il n'y a pas de doute qu'il ne ressorte de l'enquête due à l'initiative ministérielle des enseignements précieux, qui aideront puissamment à procurer le bien-être physique et moral à cette classe intéressante.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME IX.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, usines, etc.

	Pages.
Janvier et février 1870	112 à 115
Mars, avril et mai	185 à 187
Juin et juillet	239 à 244
Août, septembre, octobre, novembre et décembre	255 à 260

Circulaires et instructions adressées à MM. les préfets et les ingénieurs des mines.

Janvier et février	116 à 120
Mars, avril et mai	188 à 190
Juin et juillet	245 à 252
Août, septembre, octobre, novembre et décembre	261 à 262

Décrets et décisions relatives au personnel des mines.

Janvier et février	121 à 125
Mars, avril et mai	191 à 192
Juin et juillet	253 à 254
Août, septembre, octobre, novembre et décembre	263 à 265

Exposé de la situation de l'empire (Extrait.)	1 à 42
Législation saxonne	43 à 111
État général du personnel des mines	126 à 184
L'Enquête officielle sur la condition des ouvriers dans les mines et usines de Belgique :	
1re partie	193 à 222
2e partie	267 à 291
Chemins de fer	223 à 238

Paris. — Imprimerie de Cusset et Ce, rue Racine, 26

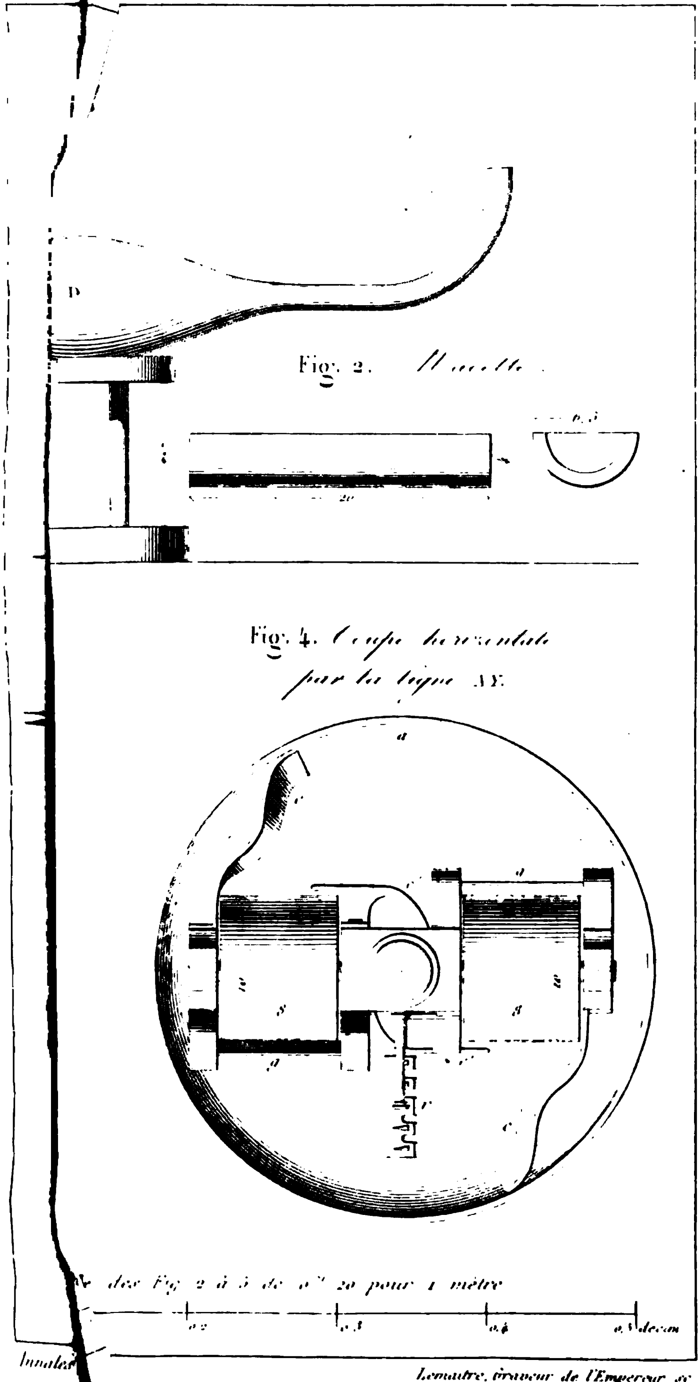


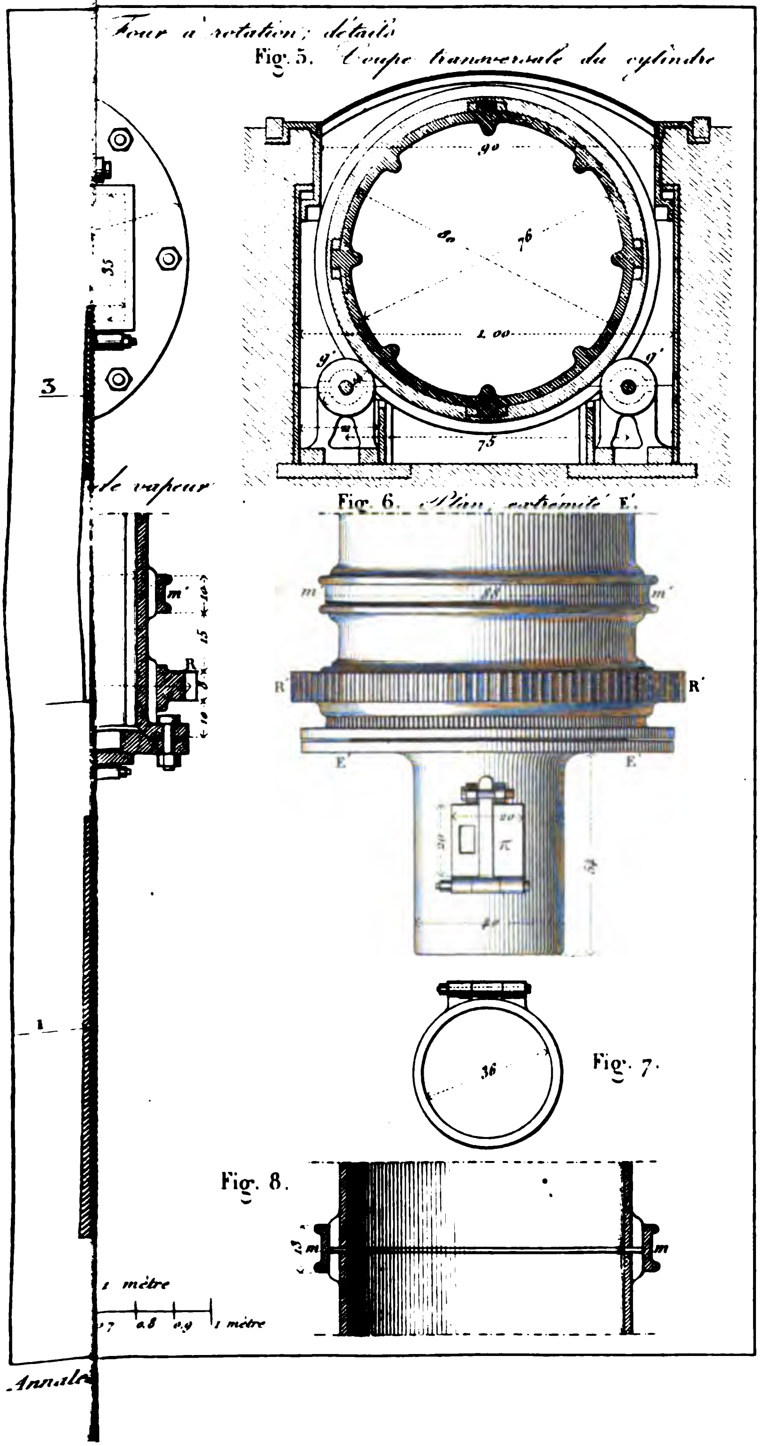
Fig. 2. *Navette*.

Fig. 4. *Coupe horizontale par la ligne AY.*

...e des Fig. 2 à 5 de 0m 20 pour 1 mètre

0.2 0.3 0.4 0.5 décim

Lemaitre, graveur de l'Empereur, sc.


Four à rotation; détails
Fig. 5. Coupe transversale du cylindre
90
80
76
1.00
75
g'
m
de vapeur
Fig. 6. Plan, extrémité E.
m'
R
R'
E
E'
20
π
Fig. 7.
36
Fig. 8.
m
1 mètre
0.8
0.9
1 mètre
3
1
Annale

PL. I.

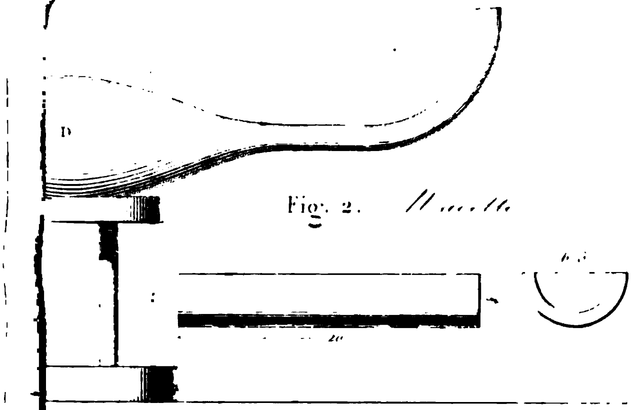
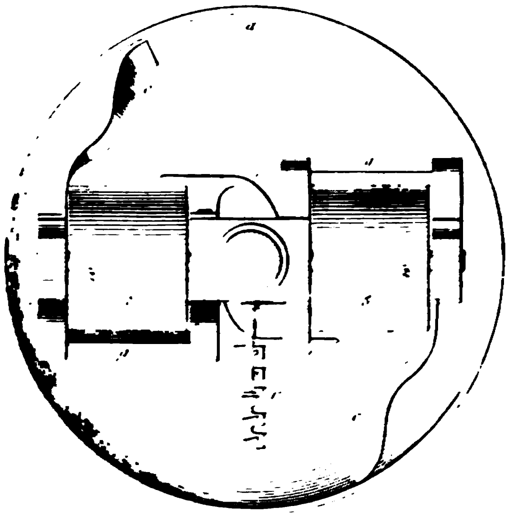


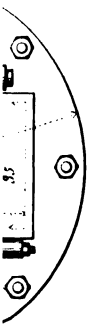
Fig. 2. *Navette*

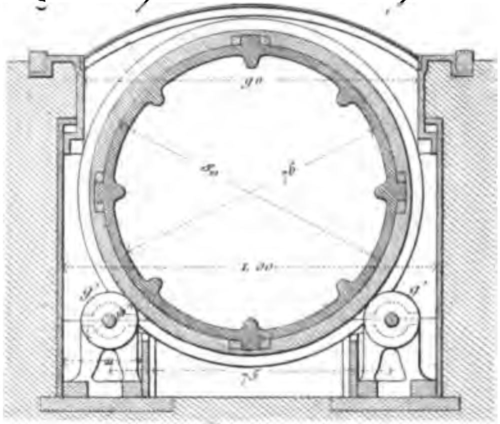
Fig. 4. *Coupe horizontale par la ligne XY.*



Four à rotation; détails

Fig. 5. Coupe transversale du cylindre





...e vapeur

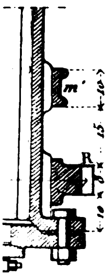
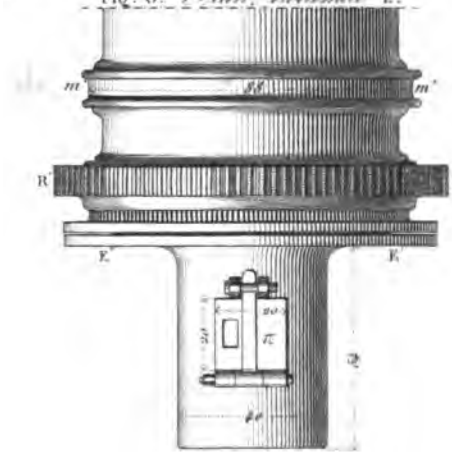


Fig. 6. Plan, extrémité E'.



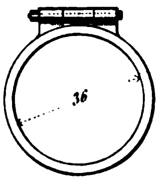
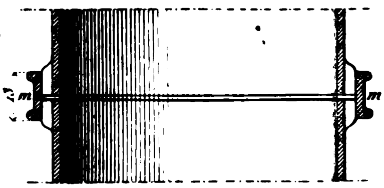
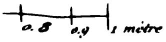


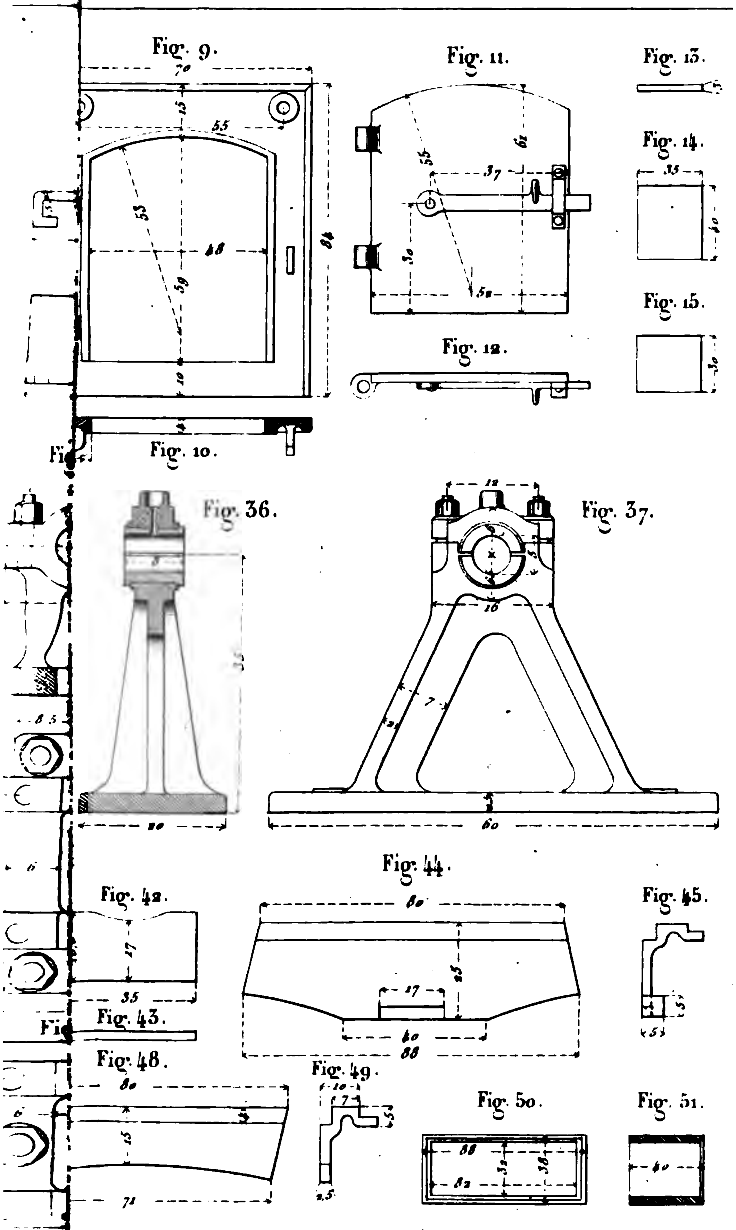
Fig. 7.

Fig. 8.



mètre

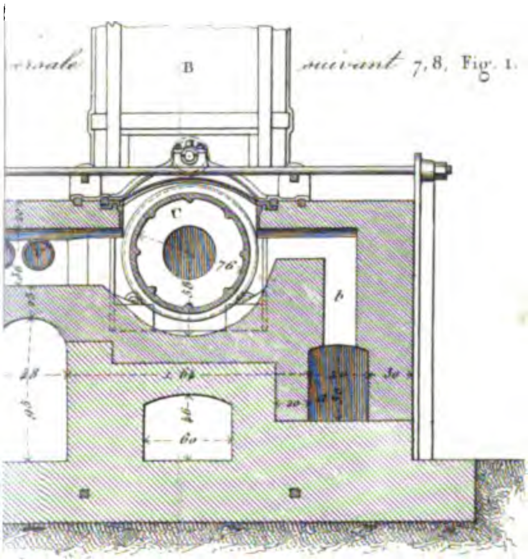




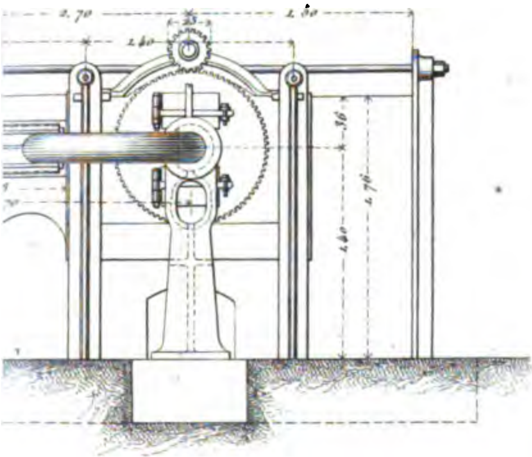
Echelle des Fig. 19 à 21, 36 et 37.
de 0.m 10 pour 1 mètre

.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 mètre

Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc



...n du côté de la prise de vapeur.



o^{m} 02 pour 1 mètre





Fig. 2.

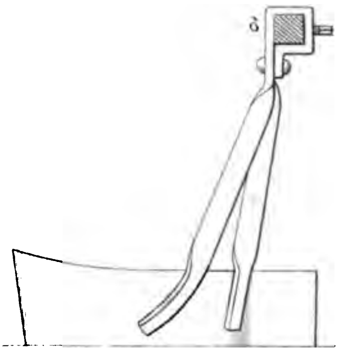


Fig. 3.

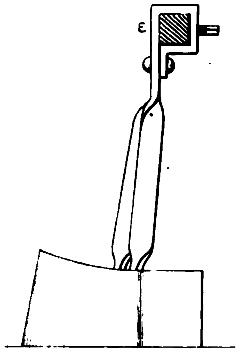


Fig. 6

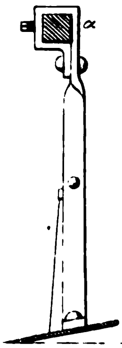


Fig. 7.

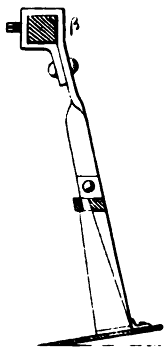


Fig. 8.

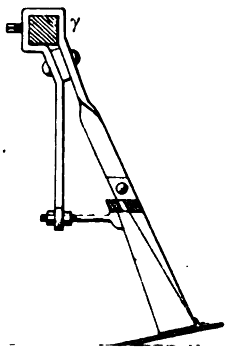
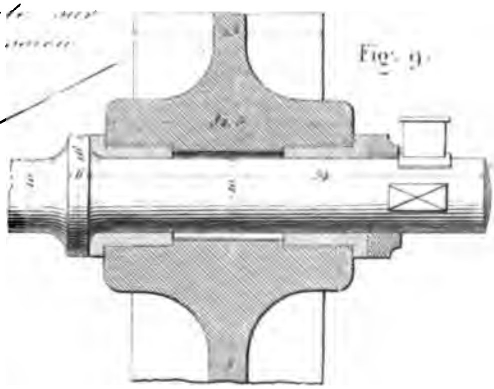


Fig. 10.



Fig. 9.



chelle des Fig. 9 et 10, de 0m 10 pour 1 mètre

0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5 — 0,6 — 0,7 — 0,8 — 0,9 — 1 mèt

Lemaitre sc.

2.

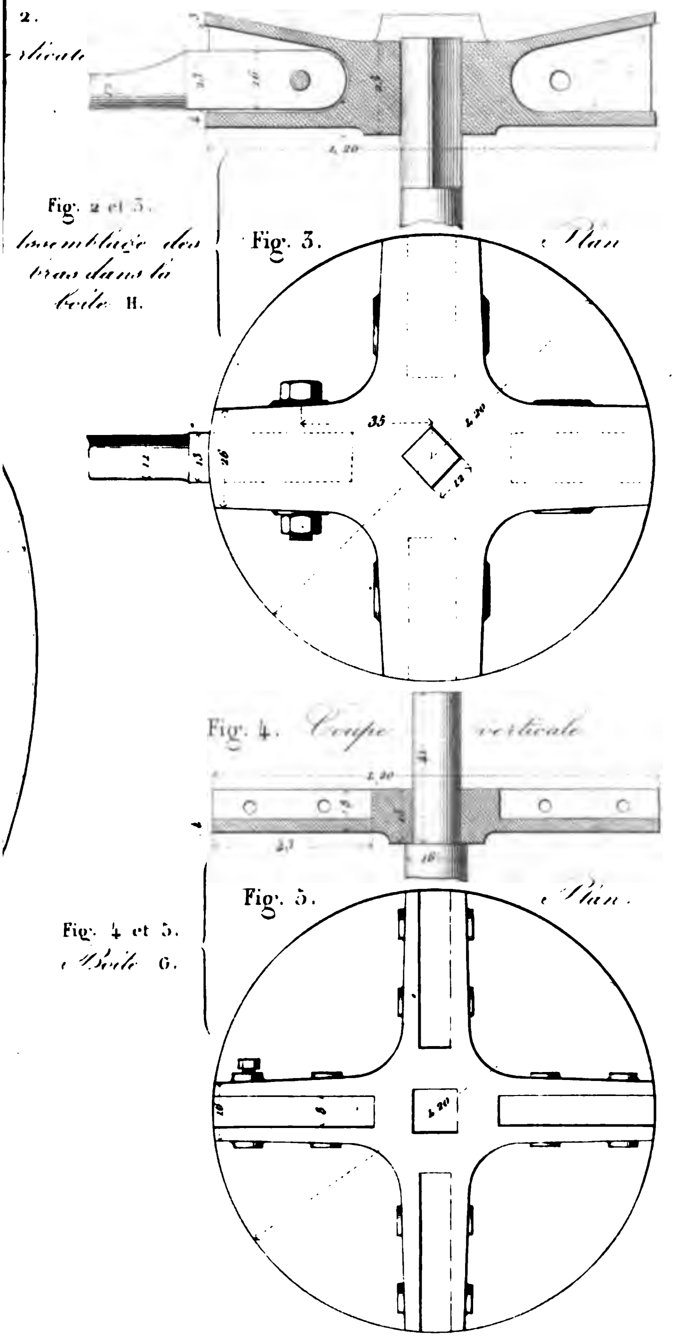


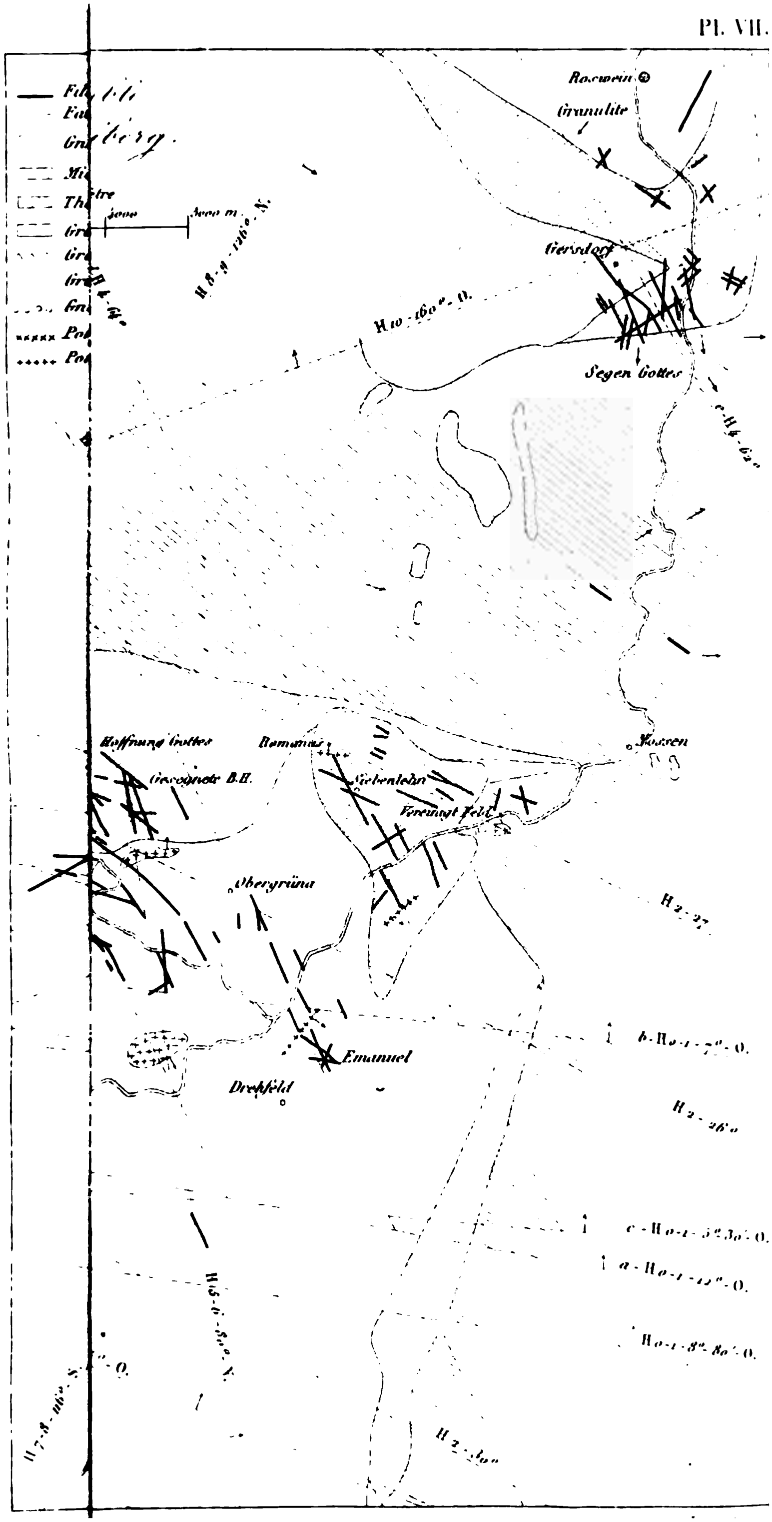
Fig. 2 et 3. Assemblage des bras dans la boîte H.

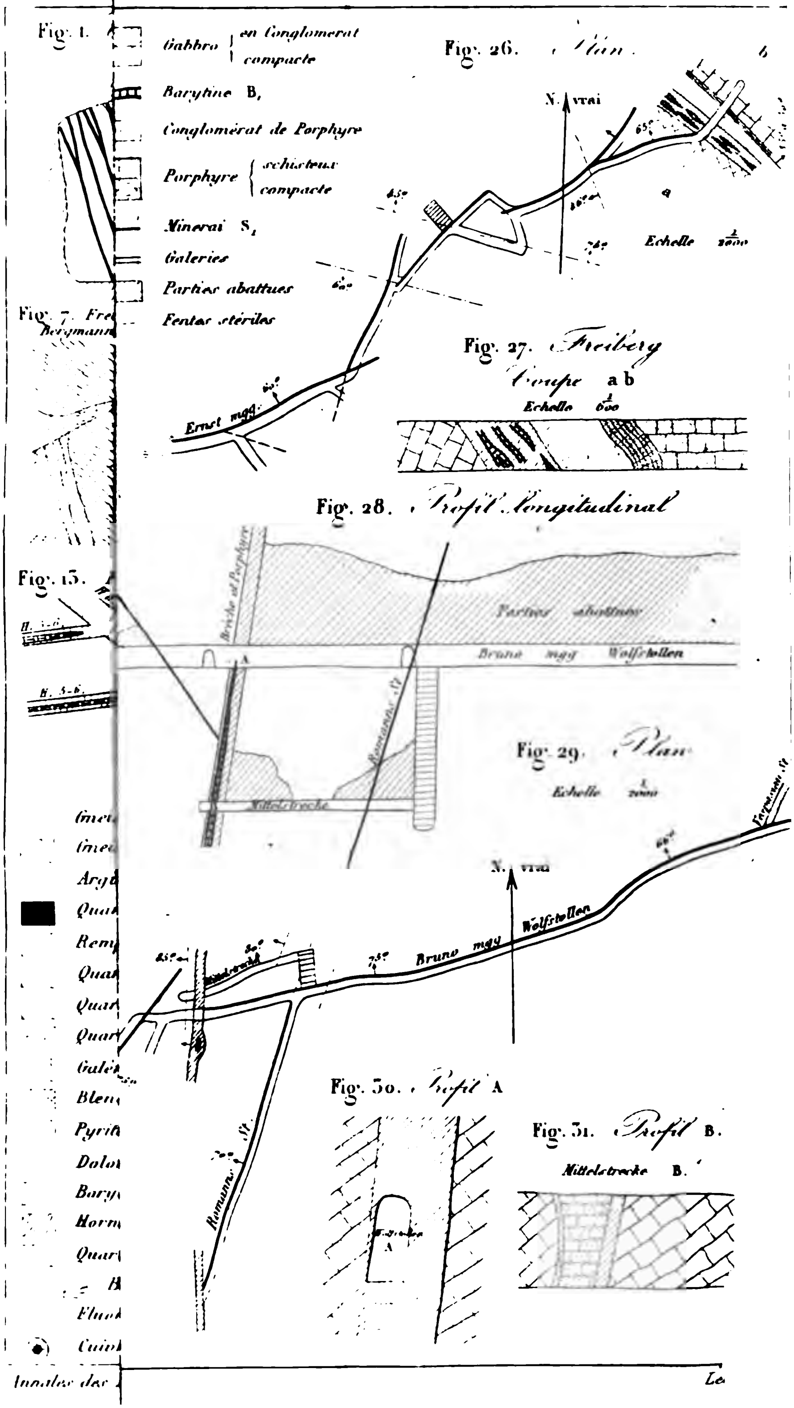
Fig. 3. Plan

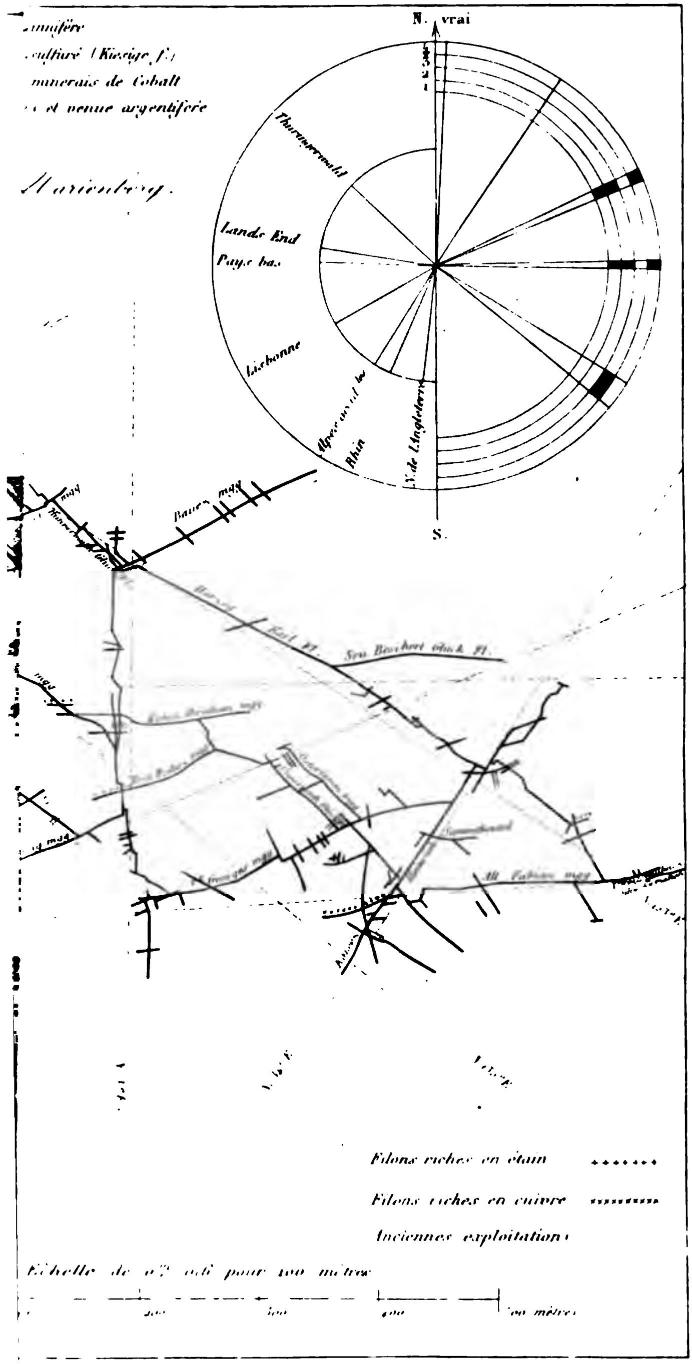
Fig. 4. Coupe verticale

Fig. 5. Plan.

Fig. 4 et 5. Boîte G.

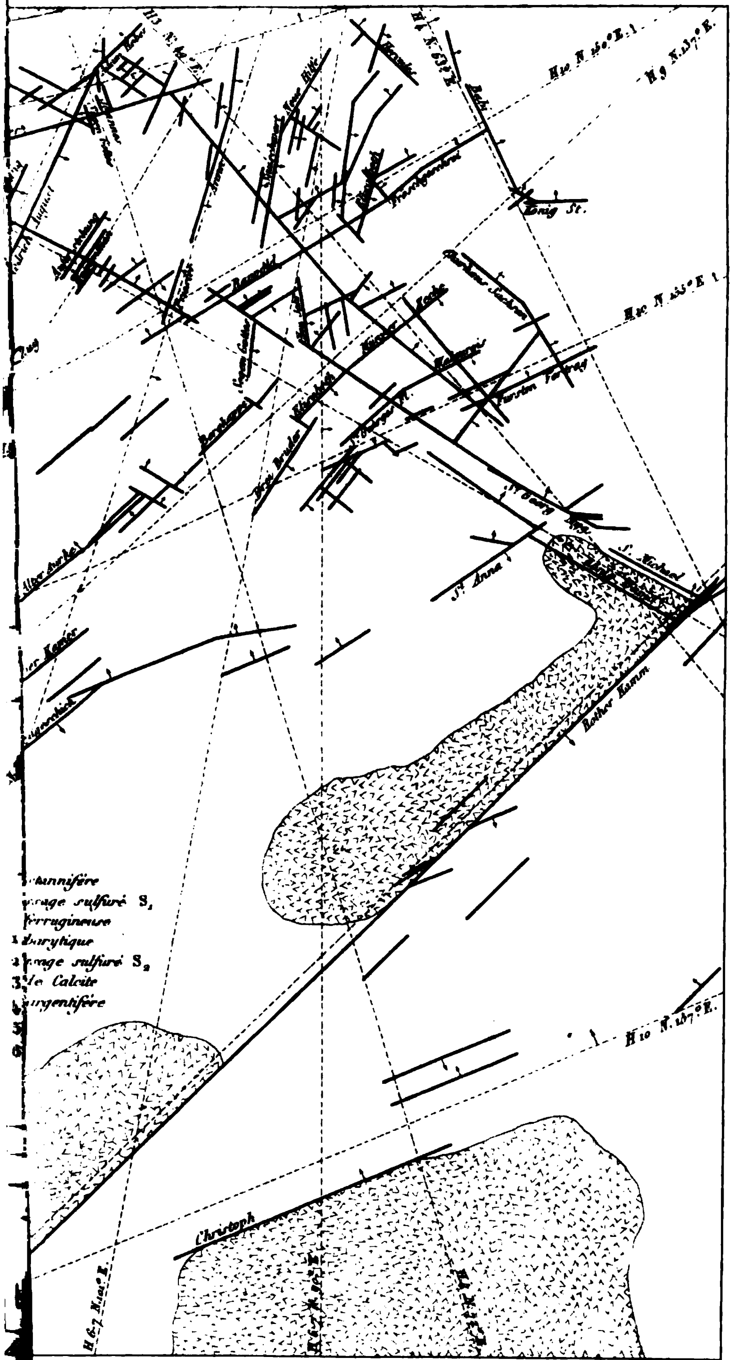

Roswein
Granulite
Gersdorf
Segen Gottes
Hoffnung Gottes
Romanus
Siebenlehn
Vereinigt Feld
Nossen
Obergrüna
Emanuel
Drehfeld


Fig. 1.
Gabbro en Conglomerat
compacte
Barytine B,
Conglomérat de Porphyre
Porphyre schisteux
compacte
Minerai S,
Galeries
Parties abattues
Fentes stériles
Fig. 26. Plan.
N. vrai
Echelle 1/2000
Ernst mgg.
Fig. 27. Freiberg
Coupe a b
Echelle 1/600
Fig. 28. Profil Longitudinal
Breche et Porphyre
Parties abattues
Bruno mgg Wolfstollen
Mittelstrecke
Fig. 29. Plan
Echelle 1/2000
N. vrai
Bruno mgg Wolfstollen
Fig. 30. Profil A
Fig. 31. Profil B.
Mittelstrecke B.


N. vrai
S.
Marienberg.
Thuringerwald
Lands End
Pays bas
Lisbonne
Rhin
N. de l'Angleterre
Filons riches en étain
Filons riches en cuivre
Anciennes exploitations

Lemaître, sc.

Pl. X.



Lemaitre sc.

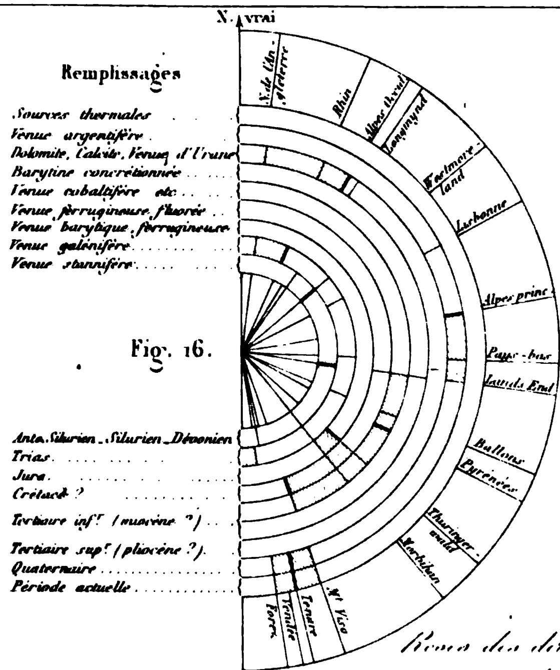

N. vrai
Remplissages
Sources thermales
Venue argentifère
Dolomite, Calcite, Venue d'Urane
Barytine concrétionnée
Venue cobaltifère etc.
Venue ferrugineuse, fluorée
Venue barytique, ferrugineuse
Venue galénifère
Venue stannifère
Ante-Silurien – Silurien – Dévonien
Trias
Jura
Crétacé ?
Tertiaire infr (miocène ?)
Tertiaire supr (pliocène ?)
Quaternaire
Période actuelle
N. de l'Angleterre
Rhin
Alpes occid.
Longmynd
Westmoreland
Lisbonne
Alpes princ.
Pays-bas
Lands End
Ballons
Pyrénées
Thuringerwald
Morbihan
Mt Viso
Tenare
Vendée
Forez

Fig. 16.

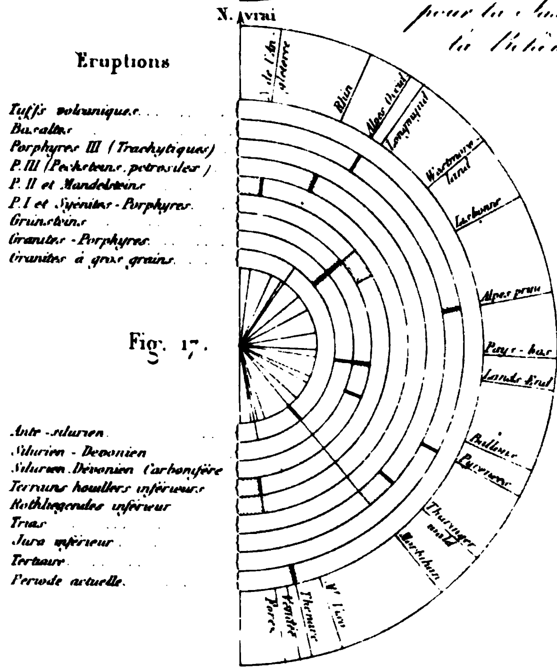

N. vrai
Eruptions
Tuffs volcaniques
Basaltes
Porphyres III (Trachytiques)
P. III (Pechsteins, petrosilex)
P. II et Mandelsteins
P. I et Syénites-Porphyres
Grunsteins
Granites-Porphyres
Granites à gros grains
Ante-silurien
Silurien - Devonien
Silurien, Dévonien, Carbonifère
Terrains houillers inférieurs
Rothliegendes inférieur
Trias
Jura inférieur
Tertiaire
Periode actuelle
Rhin
Alpes occid.
Longmynd
Westmoreland
Lisbonne
Alpes prin.
Pays-bas
Lands End
Ballons
Pyrénées
Thuringerwald
Morbihan
Mt Viso
Tenare
Vendée
Forez

Fig. 17.



Fig. 6.

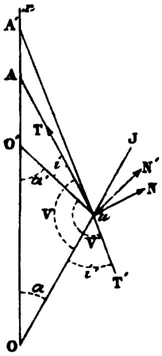


Fig. 7.

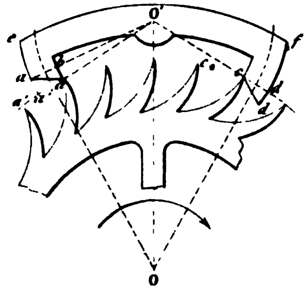
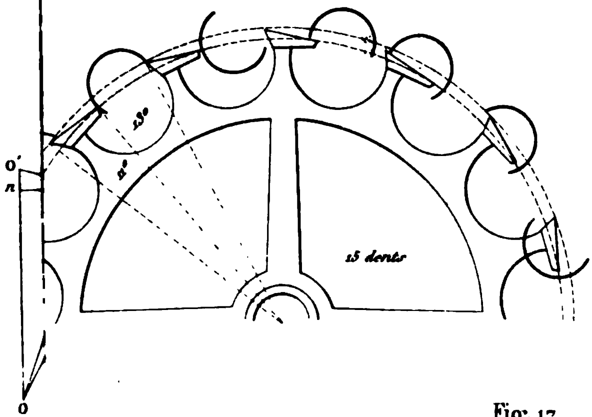


Fig. 12.



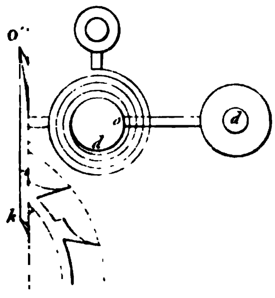
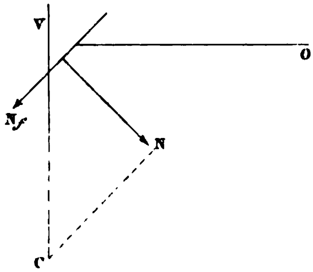


Fig. 17.



Rapporteur Tabarant

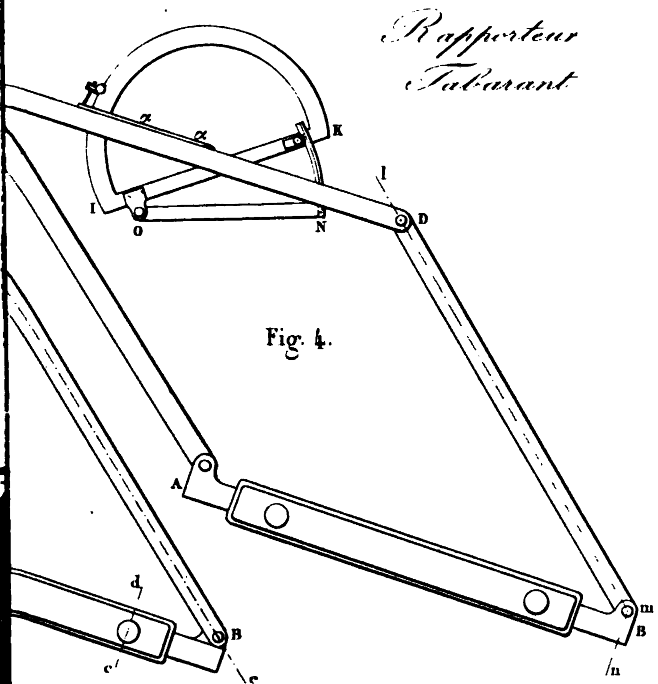


Fig. 4.



Coupe sur lmn

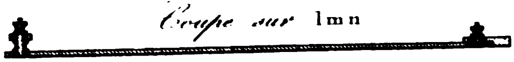


Fig. 6.

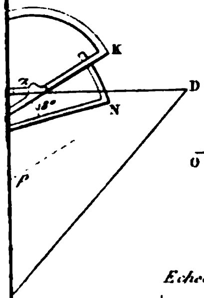
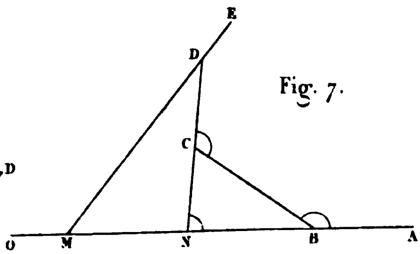
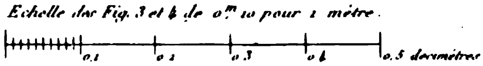


Fig. 7.



Echelle des Fig. 3 et 4 de 0ᵐ 10 pour 1 mètre.



Lemaitre, sc.